المحاضرة الأولى

فحوصات الأعمال الترابية للطرق

المواد

لتحديد صلاحية المواد التي سوف تستخدم في طبقة الحصى الخابط (sub-base) وطبقة الأساس base coarse المستخدمة في طبقات التبليط تم وضع جملة من المتطلبات :

1- المواد الخشنة (المتبقية على منخل رقم 10 , 2ملم)

لاتتجاوز نسبة التآكل 45% عند فحصها بموجب المواصفة (AASHTO T 96-74)

2- المواد الناعمة (العابرة من منخل 2ملم)

- لاتزيد نسبة المواد العضوية على 2% بموجب فحص رقم 9 من المواصفة BS 1377 ولا تزيد نسبة الكتل الطينية على 0.25% بموجب المواصفة AASHTO T112
- يجب ان تحقق المواد العابرة من منخل رقم 40 (0.425 ملم) المتطلبات الاتية :

الخاصية	طريقة الفحص	الحد الأعلى
حد السيولة LL	AASHTO T 89	%25
دليل اللدونة PI	AASHTO T 90	%6

- يجب أن لاتزيد نسبة العابر من منخل No200 (0.075 ملم) على ثلثي الجزء العابر من منخل NO4 (4.75 ملم)

3- الأملاح القابلة للذوبان : يجب أن لاتزيد نسبة الأملاح القابلة للذوبان على 10%

4- الكبريتات : يجب أن لاتزيد نسبة الكبريتات SO3 عن 5% وزنا عند فحصها بموجب فحص رقم 9 من المواصفة BS 1377

5- التدرج : يكون تدرج المواد لما تحت الأساس بموجب الجدول رقم (1)

جدول رقم (1) تدرج مواد طبقة تحت الأساس

حجم المنخل		النسبة المئوية العابرة وزنا			
ملم	**انج**	**Type A**	**Type B**	**Type C**	**Type D**
75	**3**	**100**	–	–	–
50	**2**	**95 – 100**	**100**	–	–
25	**1**	--	**75 - 95**	**100**	**100**
9	**3/8**	**30 – 65**	**40 - 75**	**50 - 85**	**60 – 100**
4.75	**NO4**	**25 – 55**	**30 - 60**	**35 - 65**	**50 – 85**
2.36	**NO8**	**16 - 42**	**21 - 47**	**26 - 52**	**42 – 72**
0.30	**NO50**	**7 - 18**	**14 - 28**	**14 - 28**	**23 – 42**
0.075	**NO200**	**2 - 8**	**5 - 15**	**5 - 15**	**5 – 20**

6- نسبة التحمل الكاليفورني (C B R) لا تقل نسبة CBR عن 35% للنوع B و 30% للنوع C و 20% للنوع D عند كثافة قدرها 95 % من الكثافة العظمى الجافة وبموجب الفحص ASTM D 1883 والفحص AASHTO T 180

7- يجب ان لايزيد سمك طبقة تحت الاساس على 20 سم

8- يجب حدل كل طبقة بحيث لاتقل كثافتها عن 95% من الكثافة العظمى الجافة بموجب الفحص AASHTO T 180-74

تجربة رقم (1) التحليل المنخلي Sieve Analysis

الغاية :- لتصنيف التربة من الناحية الهندسية , ولاستخدامها في حالات إنشاء الطرق , مدارج المطارات ,السدود والحواجز الترابية . إضافة الى استخدامها في حساب نفاذية التربة

الأدوات :

1- مجموعة من المناخل

2- ميزان حساس

3- فرشاة سلكية لتنظيف المناخل الخشنة

4- فرشاة ناعمة لتنظيف المناخل الناعمة

5- فرن كهربائي للتجفيف

6- قاسمة نماذج

7- مطرقة ذات راس مطاطي

8- هزاز ميكانيكي (للمناخل) المبينة في الجدول التالي

ملم	75	50	25	9	4.75	2.36	0.30	0.075
انج	3	2	1	3/8	NO4	NO8	NO50	NO200

طريقة الفحص :

1- يسجل وزن كل منخل بعد تنظيفها بالفرشاة

2- يوضع النموذج (6 كغم) على المنخل العلوي

3- توضع مجموعة المناخل داخل الهزاز لمدة عشر دقائق (او يدويا)

4- يسجل وزن كل التربة المتبقية على كل منخل

نموذج الحسابات

1- تحسب النسبة المئوية المتبقية على كل منخل بقسمة وزن التربة المتبقية على وزن التربة الكلي

2- تكون النسبة المئوية المارة من كل منخل = 100 - النسبة التراكمية المتبقية على ذلك المنخل

3- يجب أن لا يزيد مقدار الفقدان بالوزن على 2% وزنا للتربة المتبقية في جميع المناخل عن الوزن الأصلي للتربة وإلا يجب إعادة الفحص

4- تقارن النسبة المارة مع جدول رقم (1) لمعرفة نوع التربة ومدى مطابقتها للمواصفات

حجم النخل		وزن التربة المتبقية	النسبة المئوية المتبقية	النسبة التراكمية%	النسبة العابرة %
ملم	انج				
75	3	0	0	0	100
50	2	0	0	0	100
25	1	750	750/8894x100 = 8	8	92
9	3/8	2530	2530/8894x100 = 28	36	64
4.75	NO4	1650	19	55	45
2.36	NO8	1200	13	68	32
0.30	NO50	1294	15	83	17
0.075	NO200	990	11	94	6
pan	pan	480			
المجموع		8894			

انواع مختلفة من المناخل

هزاز ميكانيكي

تجربة رقم (2)

حساب المحتوى المائي Water Content

Laboratory Determination of Moisture Content of Soil (ASTM-D 2216- 71)

يعتبر حساب المحتوى المائي من التجارب الروتينية التي تقوم بحساب كمية الماء الموجودة في التربة والمحسوبة على أساس الوزن الجاف لتلك التربة .

تعريف (Definition) : الرطوبة الطبيعية هي النسبة المئوية لوزن الماء الموجود في عينة من التربة إلى وزن هذه العينة جافة

الأجهزة المستخدمة **Apparatus :**

1. فرن تجفيف كهربائي آلي الضبط يمكن تثبيت درجة حرارته عند 105 - 110مo.
2. ميزان حساس بدقة 0.01غرام.
3. مجموعة علب من الألمنيوم أو أي معدن مقاوم للصدأ والتآكل أو التحلل نتيجة تكرار عملية التسخين والتبريد. لهذه العلب أغطية محكمه لمنع تسرب الرطوبة من عينة التربة أو امتصاصها للرطوبة من الجو

طريقة العمل :

1. قم بوزن علبة الألمونيوم مع غطائها وتأكد من وضع علامة فارقة على العلبة والغطاء .
   تتوفر علب الرطوبة بأحجام مختلفة إلا أن النوع ذو قطر 5 سم وارتفاع 4.4 سم هو أكثر الأنواع شيوعاً .
2. ضع عينة التربة الرطبة في العلبة ، وأوجد وزن العلبة والتربة الرطبة معاً ، وإذا تمت عملية الوزن في الحال فلا داعي لوضع الغطاء على العلبة أما إذا حصل تأخير في الوزن يتراوح ما بين 3 – 5 دقائق أو أكثر ضع الغطاء على العلبة للمحافظة على رطوبة التربة وضع العلبة تحت قطعة قماش مبلولة للمحافظة على الرطوبة المحيطة بالعلبة .
3. بعد وزن العلبة و العينة الرطبة ارفع الغطاء (في العادة يوضع الغطاء أسفل العلبة) وضع العينة في الفرن .
4. بعد أن تجف العينة ، أي بعد أن يصبح وزنها ثابتاً قم بوزن العينة الجافة والعلبة ، مع التأكد من استعمال نفس الميزان لكل عمليات الوزن .
5. احسب المحتوى المائي وهو الفرق بين وزن العلبة مع العينة الرطبة ووزن العلبة مع العينة الجافة . ويمثل وزن الماء الموجود في العينة (Ww) ، والفرق بين وزن العلبة مع العينة الجافة ووزن العلبة الفارغة يمثل وزن العينة (Ws) :

$$W = \frac{Ww}{Ws} \times 100\%$$

و يجب أن تجفف عينة التربة في فرن درجة حرارته 105-110 م° إلى أن يثبت وزن العينة ، وذلك لأن وزن العينة يتناقص مع تبخر الماء منها . ليس من الضروري وزن العينة عدة مرات أثناء تبخر الماء للتأكد من ثبوت الوزن ، ولكن توضع العينة في الفرن لمدة 12 إلى 18 ساعة (عادة خلال الليل) . هذا ولقد ثبت بالتجربة بأن طريقة التجفيف هذه كافية للعينات الصغيرة وفي أعمال المعامل الروتينية . كما يمكن اعتبار أن العينة قد جففت إذا كان الفرق بين وزنيها في مرتين متتاليتين يفصل بينهما 4 ساعات لا يزيد عن 0.1%

ومن المعتاد أن توزن العينات المستعملة في حساب المحتوى المائي حالاً بعد أخذها من الفرن (باستعمال الملقط) ولو تأخر الوزن لأي سبب من الأسباب فيجب وضع الغطاء على العلبة أثناء تبريدها لمنع امتصاص العينة للماء من هواء الغرفة .(يمكن استخدام المايكروويف في تجفيف العينية الموضوعة في أوعية زجاجية بعد التأكد من ثبات الوزن وذلك لاختصار وقت التجفيف الذي يكون بدقائق معدودة)

نموذج الحسابات

رقم النموذج	1	2	3	4	5
وزن النموذج الرطب مع الوعاء غم	94.37	67.16	98.89	95.57	75
وزن النموذج الجاف مع الوعاء غم	90.37	65.16	95.89	91.97	72
وزن الوعاء غم	9.3	9.3	9.29	9.3	9.3
المحتوى الرطوبي	0.049	0.036	0.035	0.044	0.048

ولضمان حساب المحتوى المائي بشكل دقيق تستعمل عينات تربة بالأوزان التالية :

أكبر حجم لحبيبات التربة (100 – 95)مرور بالمنخل رقم	الأوزان المطلوبة (غم)
رقم 4	100
رقم 40	10 – 50
1/2 انج	300
2 انج	1000

المحاضرة الثانية

تجربة رقم (3)

رص التربة بطريقة بروكتر القياسية Standard Proctors Compaction Test

والطريقة المعدلة Modified Proctors Test

الهدف :- إيجاد العلاقة بين الرطوبة والكثافة لجهد رص معين ولتربة معينة من خلال إجراء فحص الرص المختبري وفق ASTM D698 و D1557 لسنة 1970 و AASHTO T99لسنة 1970

المقدمة

رص التربة هي عملية زيادة كثافة التربة ميكانيكياً وذلك بطرد الهواء الموجود بين حبيبات التربة وتتم هذه العملية بواسطة حادلات أو هزازات أو مدقات وللرص أهمية كبيرة في إنشاء السدود والطرق والمدارج .

ان مقدار الكثافة الجافة والتي يقاس الرص لأية تربة بدلالتها تعتمد على نوع التربة ونسبة الرطوبة ومقدار الطاقة المصروفة بأجهزة الرص .

في عام 1933 حدد العالم بروكتر (R.R. Proctor) مواصفات خاصة لفحص خصائص فحص التربة في المختبر وسمي الفحص بفحص بروكتر القياسي وهو قائم على رص التربة في قالب قياسي بواسطة مطرقة قياسية تسقط سقوطاً حراً لمسافة قياسية على عدد من الطبقات بحيث ان كل طبقة تحصل على عدد متساوي من الضربات , ثم تطورت مواصفات هذا الفحص بعد ذلك نظراً للتطور الذي حصل في صناعة الطائرات الثقيلة ووسائط النقل والمكائن الأخرى في فترة الخمسينات فأصبح الأمر يتطلب الحصول على كثافة اكبر للتربة الواقعة تحت مدارج الطائرات مثلا لم تتمكن تجربة الرص القياسية من توفيرها ليصبح ما يسمى بفحص بروكتر المعدل Modified Proctors Test وأدناه مواصفات كل من الفحصين القياسي والمعدل ونوع التربة

جدول رقم (1) مواصفات الفحص القياسي والمعدل

مواصفات الفحص	Standard Proctors Test		Modified Proctors Test	
	تربة مارة من منخل رقم 4	حصى خابط * sub- base	تربة مارة من منخل رقم 4	حصى خابط * sub- base
قطر القالب	**4˜ , 10.16 cm**	**6˜ , 15.24 cm**	**4˜ , 10.16 cm**	**6˜ , 15.24 cm**
ارتفاع القالب	**4.58˜ ,11.64 cm**	**4.58 ˜ , 11.64 cm**	**4.58 ˜ , 11.64 cm**	**4.58 ˜ ,11.64 cm**
حجم القالب	**944 cm3**	**2124 cm3**	**944 cm3**	**2124 cm3**
وزن المطرقة	**2.49 kg**	**2.49 kg**	**4.5 kg**	**4.5 kg**
ارتفاع المطرقة	**30 cm**	**30 cm**	**46 cm**	**46 cm**
عدد الضربات / طبقة	**25**	**55**	**25**	**55**
عدد الطبقات	**3**	**3**	**5**	**5**

*** التعويض الحاصل في حالة الحصى الخابط**

اذا كانت نسبة المواد المتبقية على منخل (¾) انج (19mm) اكبر او تساوي 10% من وزن النموذج تأخذ التربة المتبقية على منخل (¾) انج وتنخل بمنخل 3 انج (75mm) ويهمل المتبقي على هذا المنخل ثم تعوض المواد المارة من منخل 3 انج والمتبقية على منخل (¾) انج بمواد من نفس النموذج ماره من منخل (¾) انج ومتبقية على منخل رقم 4 (4.75mm) .

أما اذا كانت نسبة المواد المتبقية على منخل (¾) انج اقل من 10% فتهمل ولكن بدون تعويض

الأدوات المستعملة في الفحص (Apparatus)

1- قالب الرص مع القاعدة والطوق (يستخدم نوع القالب اعتمادا على نوع التربة وكما مبين في الجدول رقم 1)
2- مطرقة الرص (كما مبين في الجدول رقم 1)
3- منخل رقم (4) (في حالة الترب الطينية)
4- مطرقة ذات راس مطاطي
5- ميزان حساس يقرأ (0.01 غم)
6- فرن كهربائي للتجفيف (105-110) م°
7- اسطوانة مدرجة
8- أوعية من الألمنيوم لحساب المحتوى المائي
9- وعاء كبير للمزج
10- ميزان ذو سعة 25 كغم وذو حساسية 0.1 غم

تحضير النموذج

1- تؤخذ كمية من التربة بحدود 12 كغم
2- تفكك الكتل المتصلة بواسطة المطرقة المطاطية او اليد
3- ينخل النموذج بمنخل رقم (4) (للترب الطينية) ويؤخذ بحدود 4 كغم منها. اما في حالة الحصى الخابط فيستخدم التعويض المشار إليه في أعلى الصفحة *

طريقة الفحص (فحص بروكتر القياسي للتربة المارة من منخل رقم 4)

1- تسجل أبعاد القالب لإيجاد حجمه

2- يوضع القالب وهو فارغ (بدون الطوق) على الميزان ثم يصفر الميزان

3- تضاف كمية من الماء بحدود 5% من وزن النموذج وتمزج جيداً في إناء حتى يتجانس لون التربة

4- يركب الطوق على القالب ثم توضع فيه كمية من التربة وبارتفاع ثلث القالب تقريباً

5- ترص التربة باستخدام المطرقة القياسية بـ 25 ضربة بحيث تكون الضربات موزعة بالتساوي على مساحة مقطع القالب

6- تضاف الطبقة الثانية والثالثة وترص كل طبقة بنفس الطريقة المذكورة في الخطوة (5)

7- يرفع الجزء الإضافي (الطوق) ثم يسوى سطح التربة من الأعلى باستخدام السكين وتزال التربة الزائدة

8- يوزن القالب والنموذج ليكون وزن النموذج

9- تفرغ التربة من القالب ويؤخذ عينة من التربة من وسط النموذج لإيجاد المحتوى المائي

10-تفتت التربة المرصوصة ويضاف اليها كمية اخرى من الماء(3%) من وزن التربة ويعاد مزج التربة جيدا وتعاد عملية الرص في القالب ثانية (الخطوات من 3 إلى 9)

تكرر الخطوات أعلاه لحين الحصول على وزن النموذج الذي يقل عن وزن النموذج الذي قبله ثم نرسم علاقة بين المحتوى المائي Moisture Content (محور x) والكثافة الجافة العظمىMaximum Dry Density (محور y) نجد أعلى كثافة ومنها نسقط خط عمودي على محور x لإيجاد المحتوى الرطوبي الامثل Optimum Moisture Content (O.M.C) كما في الشكل (1) .

اما في حالة فحص بروكتر المعدل فان عدد الطبقات تكون خمسة وتستخدم مطرقة ذات وزن 4.5 kg بدلا من المطرقة القياسية ذات وزن 2.49 kg مع ضرورة اجراء التعويض في حالة كون التربة (حصى خابط)

نموذج الحسابات

نحسب الكثافة الرطبة

$$\gamma wet = \frac{Wwet}{V}$$

حيث أن :-

$Wwet$ = وزن التربة الرطبة في قالب الرص

V = حجم القالب

حساب الكثافة الجافة

$$\gamma dry = \frac{\gamma wet}{1+\omega}$$

حيث أن :-

ω = المحتوى المائي

اسم الفحص : اسم الفاحص :

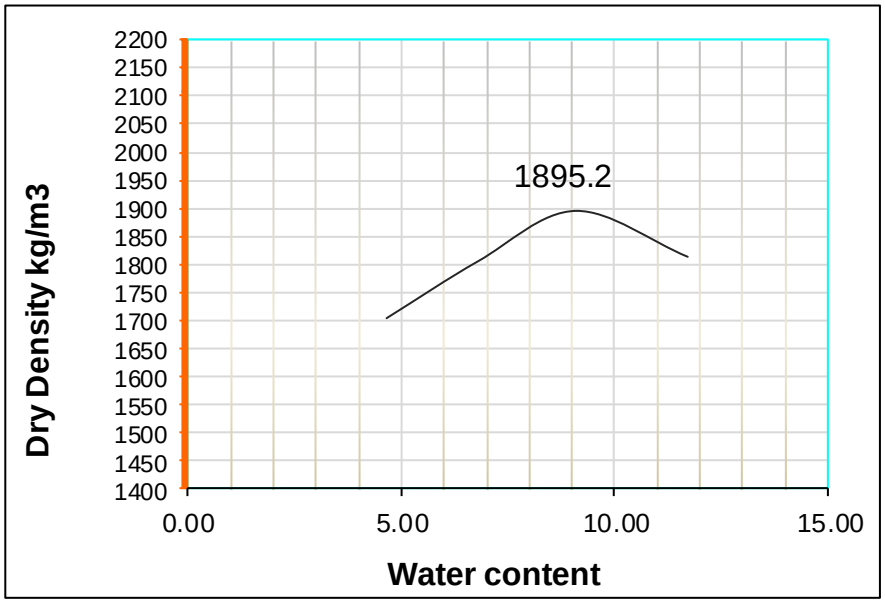
اسم المشروع :

وصف التربة : التاريخ / /

نوع الفحص	قطر القالب	ارتفاع القالب
عدد الطبقات	عدد الضربات /طبقة	حجم القالب

رمز النموذج		A1	A2	A3	A4	A5	A6
وزن التربة الرطب في قالب الرص kg							
المحتوى المائي	(A) وزن التربة الرطبة مع الوعاء gm						
	(B) وزن التربة الجافة مع الوعاء gm						
	(C) وزن الوعاء gm						
	المحتوى المائي (A-B)/(B-C) = ω						
الكثافة الرطبة γ_{wet} (kg/m3)							
الكثافة الجافة γ_{dry} (kg/m3)							
الكثافة الجافة المختبرية العظمى =				O.M.C = %			

max dry	density=	1895
O.M.C=		9.1



شكل رقم (1) تعيين الكثافة الجافة العظمى والمحتوى الرطوبي الامثل

المحاضرة الثالثة

تجربة رقم (4)

فحص الكثافة الموقعية للتربة المحدولة Field dry density

عندما تتم عملية الرص الموقعية لتربة موقع ما وفق المحتوى المائي والكثافة المقررتين لهذه التربة فعندئذٍ يجب التأكد من وصول كثافة هذه التربة الى الكثافة المطلوبة نتيجة رصها باستعمال احدى الطرق المعروفة وهي :

1- طريقة المخروط الرملي Sand- Cone Method وفق ASTM D1556 لسنة 1964 و AASHTO T191 لسنة 1961 . يعتمد الأساس في إيجاد الكثافة من الحصول على وزن معين من تربة رطبة من حفرة صغيرة غير منتظمة تقريبا في ارض موقع المشروع ومن معرفة حجم هذه الحفرة يمكن حساب الكثافة الرطبة لتلك التربة كالآتي :

كثافة التربة في الموقع (الرطبة) = وزن التربة المستخرجة من الحفرة /حجم الحفرة

ومن معرفة المحتوى المائي للتربة يمكن حساب الكثافة الجافة لتلك التربة كما يلي :-

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة /(1+ المحتوى المائي)

2- طريقة الاسطوانة القاطعة core- cotter method وفق BS 1377 لسنة 1948 شكل رقم(2)

يعتمد الأساس في إيجاد الكثافة من الحصول على وزن التربة في الاسطوانة القاطعة / حجم الاسطوانة القاطعة

3- طريقة الاشعاع النووي Nuclear Methods شكل رقم(3)

شكل رقم(2)

شكل رقم (3)

اختبار تعيين الكثافة في الموقع للتربة بطريقة المخروط الرملي
Density of Soil in-place by Sand Cone Method

إن تعيين كثافة التربة في الموقع له أهمية كبيرة في الأعمال الترابية وأعمال طبقات الأساس ويمكن قياس هذه الكثافة بعدة طرق من أهمها طريقة المخروط الرملي.

الغرض من التجربة

1. تعيين كثافة التربة في الموقع في حالتها الطبيعية أو بعد الحدل.
2. المساعدة في إيجاد الكثافة الجافة في الموقع والتي من خلالها يمكن إيجاد نسبة الحدل المطلوبة.

الأدوات المستخدمة

1- رمل قياسي مار من منخل رقم 10 ويتبقى على منخل رقم 200 وفق المواصفة ASTM D1556

2- جهاز فحص الكثافة الموقعية شكل رقم (4)

3- قاعدة الجهاز (قاعدة من المعدن مربعة الشكل ذات ثقب وسطي بقطر 20 سم للحصى الخابط و10سم للتربة الطينية).

4- ميزان حساس 0.01 غرام , وميزان اخر ذو دقة 5 غرام وسعة 30 كغم

5- فرن تجفيف .

6- أدوات حفر وتنظيف.

7- أوعية غير منفذة للماء.

شكل رقم (4)

ملاحظة:

يجب ايجاد وزن الرمل الذي يملأ قمع الجهاز من خلال وضع كمية من الرمل بحدود 5كغم في الجهاز ثم يوضع الجهاز على سطح مستوي ويفتح صمام الجهاز فيبدأ نزول الرمل داخل القمع حتى يمتلأ ثم يقفل الصمام ويوزن الرمل المتبقي في الجهاز فيكون وزن الرمل الذي القمع هو الفرق بين الوزن الكلي للرمل (5كغم) والوزن المتبقي في الجهاز.

كما يجب إيجاد كثافة الرمل المستخدم بالتجربة وذلك من خلال وضع كمية من الرمل بحدود 20كغم في الجهاز ويوضع الجهاز فوق اسطوانة المعايرة الخاصة بإيجاد كثافة الرمل ثم يفتح صمام الجهاز فيبدأ الرمل بالنزول ليملأ القمع واسطوانة المعايرة ثم يقفل الصمام بعد انتهاء عملية نزول الرمل ويوزن الرمل المتبقي في الجهاز فيكون وزن الرمل في اسطوانة المعايرة = الوزن الكلي (20كغم) – الوزن المتبقي في الجهاز – وزن الرمل في المخروط

ومن قياس حجم اسطوانة المعايرة يمكن حساب كثافة الرمل من خلال قسمة وزن الرمل في اسطوانة الجهاز على حجم الاسطوانة

خطوات التجربة :

1. يسوى سطح الموقع بعمق 5 سم تقريباً ، وتزال جميع المواد السطحية الغير مرغوب فيها في المكان المراد حساب كثافة الحقل فيه .
2. توضع القاعدة الخاصة بالجهاز فوق المكان المراد حساب الكثافة عنده على أن تثبت القاعدة بالأرض جيداً ، وتحفر حفرة بقطر الثقب وبعمق الطبقة المحدولة ، وفي حالة الأرض الطبيعية يكون العمق في حدود 15 سم إلى 20 سم
3. يجمع ناتج الحفر في وعاء غير منفذ للرطوبة والماء ، ويتم وزن العينة فور إخراجها .
4. توضع كمية من الرمل في الجهاز بحدود 15 كغم بعد ان يوضع الجهاز فوق قاعدته ثم يفتح الصمام لإنزال الرمل في الحفرة .
5. بعد امتلاء الحفرة والقمع بالرمل القياسي يقفل الصمام ، ثم يرفع الجهاز ويوزن ما تبقى من الرمل في الجهاز.
6. يتم حساب وزن الرمل الذي ملأ الحفرة بعناية تامة .

   وزن الرمل الذي ملأ الحفرة= وزن الرمل في الجهاز (15كغم) – وزن الرمل المتبقي في الجهاز – وزن الرمل الذي يملأ القمع
7. يتم تعيين حجم الحفرة وذلك كالآتي :

   حجم الحفرة = وزن الرمل الذي يملأ الحفرة سم3 /كثافة الرمل القياسي
8. كثافة التربة في الموقع لكل حفرة :

   كثافة التربة في الموقع (الرطبة) = وزن التربة المستخرجة من الحفرة /حجم الحفرة

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء التجربة :

1- يجب عدم لمس أو هز الجهاز أثناء إجراء التجربة.

2- يجب حفظ العينة المستخرجة من الحفرة في وعاء غير منفذ للماء.

3- إذا كان الاختبار على طبقة الأساس وما تحت الأساس تؤخذ الحفرة بكامل عمق الطبقة المحدولة .

4- إذا كان الاختبار على طبقة الأرض الطبيعية تؤخذ الحفرة بعمق 15 سم إلى 20 سم.

5- يجب تعيين المحتوى المائي للتربة بسرعة حتى لا تفقد التربة رطوبتها ، وذلك بتجفيفها في فرن درجة حرارته من 105 إلى 110 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة. او لمدة 20 دقيقة في حالة التجفيف باستخدام المايكروويف .

6- أي أحجار كبيرة (اكبر من 19 ملم) ترجع إلى الحفرة مرة ثانية .

7- يتم إيجاد نسبة الحدل لكل نقطة في الموقع من خلال تقسيم الكثافة الجافة لتلك النقطة على الكثافة الجافة المختبرية العظمى

8- اذا كانت نسبة الحدل اكثر او تساوي نسبة الحدل المطلوبة يعتبر الحدل مقبول

الكثافة الموقعية الجافة ونسبة الحدل

وزن الرمل الكلي = 8 kg	وزن الرمل في المخروط = 3.7kg				كثافة الرمل =1600kg/m3		
رقم النموذج	1	2	3	4	5	6	7
وزن النموذج الرطب في الحفرة كغم	2.95	3.255	2.9	2.875	2.62	2.31	2.27
وزن الرمل المتبقي في الجهاز كغم	1.74	1.555	1.96	2.01	2.265	1.65	1.74
وزن الرمل في الحفرة كغم	2.56	2.745	2.34	2.29	2.035	2.65	2.56
حجم الحفرة م ٣	0.0016	0.001716	0.001463	0.001431	0.001272	0.001656	0.0016
الكثافة الموقعية الرطبة كغم/م٣	1843.75	1897.268	1982.906	2008.734	2059.951	1394.717	1418.75

المحتوى الرطوبى في الموقع

رقم النموذج	1	2	3	4	5	6	7
وزن النموذج الرطب مع الاناء غم	96.37	68.16	98.89	95.57	75	62	62
وزن النموذج الجاف مع الاناء غم	90.37	64.16	92.89	91.97	72	59	59
وزن الاناء غم	9.3	9.3	9.29	9.3	9.3	9.3	9.3
المحتوى الرطوبي في الموقع	0.074	0.073	0.072	0.044	0.048	0.060	0.060
الكثافة الموقعية الجافة كغم / م٣	1716.697	1768.333	1850.122	1924.91	1965.889	1315.321	1337.986
نسبة الحدل	90.4	93.1	97.4	101.3	103.5	69.2	70.4

الكثافة المختبرية الجافة العظمى

رقم النموذج	1	2	3	4	5	6	7
وزن النموذج المحدول كغم	4.26	4.355	4.48	4.575	4.574		
حجم القالب م٣	0.00217	0.00217	0.00217	0.00217	0.00217		
الكثافة المختبرية الرطبة كغم /م٣	1963.134	2006.912	2064.516	2108.295	2107.834		
وزن النموذج الرطب مع الاناء غم	103.59	88.25	70.25	152.37	113.51		
وزن النموذج الجاف مع الاناء غم	99.08	83.08	65.1	137.87	101.5		
وزن الاناء غم	9.24	9.26	9.52	9.82	9.33		
المحتوى الرطوبي %	0.050	0.070	0.093	0.113	0.130		
الكثافة المختبرية الجافة كغم /م٣	1869.29	1875.56	1889.44	1893.84	1864.84		

المحاضرة الرابعة والخامسة

تجربة رقم (5)

California bearing ratio (CBR)

A simple test that compares the bearing capacity of a material with that of a well-graded crushed stone
A high quality crushed stone material should have a CBR of about 100%
CBR is basically a measure of strength CBR value is the measure of resistance of material to the penetration of standard plunger under controlled density and moisture condition.
The CBR test can be made in the laboratory on undisturbed or remoulded soil samples.
The CBR value of sub grade is normally evaluated on a soaked sample compacted at optimum moisture content to maximum dry density.

Basic Test

-This consists of causing a plunger of 50 mm diameter to penetrate a soil sample at the rate of 1.25 mm/min.
-The force (load) required to cause the penetration is plotted against measured penetration.
-The loads at 2.5 mm and 5 mm penetration are recorded.
- This load corresponding to 2.5 mm or 5 mm penetration is expressed as a percentage of standard load sustained by the crushed aggregates at the same penetration to obtain CBR value.

Definition of CBR

California bearing ratio is defined as the ratio (expressed as percentage) between the load sustained by the soil sample at a specified penetration of a standard plunger (50 mm diameter) and the load sustained by the standard crushed stones at the same penetration.

Standard Load values on Crushed Stones for Different Penetration Values

Penetration, mm	**Standard Load, kg**	**Unit Standard Load, kg/cm2**
2.5	1370	70
5.0	2055	105
7.5	2630	134
10	3180	162
12.5	3600	183

Apparatus

- Loading frame
- Cylindrical mould , Collar, Base Plate and spacer Disc
- Compaction hammer
- Expansion Measuring Apparatus – Perforated plate with adjustable stem, tripod and dial gauge reading to 0.01 mm
- Annular Surcharge Weights

Loading Machine

With a capacity of at least 5000 kg and equipped with a movable head or base that travels at an uniform rate of 1.25 mm/min.

Cylindrical Mould

Cylindrical mould with inside diameter 150 mm and height 175 mm, provided with a detachable extension collar 50 mm height and a detachable perforated base plate 10 mm thick.

Compaction Rammer

-Weight 2.6 kg with a drop of 310 mm
- (or) Weight 4.89 kg a drop 450 mm.

Adjustable stem, perforated plate ,
tripod and dial gauge

فحص CBR في المختبر (ASTM D1883-07 , AASHTO T193)

من خلال المواصفة العراقية التي تطلب إيجاد قيمة CBR بنسبة حدل 95% بطريقة بروكتر المعدل لذا يستوجب الحصول على قيم ل CBR بكثافات مختلفة ومنها يتم معرفة CBR عند نسبة حدل 95% عليه يجب تثبيت كل المتغيرات عدا عدد الطرقات التي هي في الحقيقة تمثل نسبة الحدل المختلفة وبالتالي إعطاء كثافات مختلفة من هنا نتبع ما يلي :-

1- إن المتبقي من الحصى الخابط من فحص الكثافة المختبرية العظمى يقسم إلى ثلاث أقسام متساوية بالقسامة كل قسم يزن تقريبا بين 6-8 كغم
2- يضاف نسبة الماء المثلى (owc) لنفرض أنها كانت 6% من وزن النموذج
3- تضاف النسبة المثلى 6% من وزن الحصى الخابط لكل قسم وتجانس بشكل جيد جدا وتغطى بنايلون لغرض الحفاظ على الرطوبة وضمان ترطيب الحصى الخابط بشكل جيد جدا ويؤكد على هذا الفعل خصوصا في أوقات الصيف إذ يجب ألا تقل مدة الترطيب عن نصف ساعة مع الحفاظ وضمان عدم تبخر أي كمية من رطوبة الخليط .
4- تهيئ ثلاث قوالب مع القاعدة المثقبة ويؤشر عليها بأرقام أو أي دليل أخر لمعرفة كل قالب على حدة وعدد الضربات الخاصة به بعدها يتم قياس أبعاد القالب بشكل دقيق ووزنه فارغ مع القاعدة.
5- يؤخذ القالب لوحده دون قاعدته ويوضع على القاعدة الخاصة بالجهاز ويوضع فوقه الطوق لزيادة ارتفاعه وبعدها يوضع قرص حديدي مدور بقطر اقل من 6 انج بقليل جدا وبسمك 6,14 سم في أسفل القالب المراد تهيئة النموذج به بعدها يوضع ورقة ترشيح No.40 يكتب على قاعدتها المعلومات .
6- يتم وضع الحصى الخابط بشكل خمس طبقات . تطرق كل طبقة في هذا القالب 15 طرقة (قالب رقم 1).
7- يجهز قالب رقم 2 بنفس الطريقة في 6 ولكن عدد الطرقات لكل طبقة هي 30 طرقة (قالب رقم 2).
8- يجهز قالب رقم 3 بنفس الطريقة في 6 وعدد الطرقات 65 طرقة لكل طبقة(قالب رقم 3).
9- بعد إزالة الطوق من كل قالب يتم تسوية الوجه بشكل دقيق جدا بمسطرة من الألمنيوم قوية ويؤخذ من المواد المزالة كمية بحدود 500 غرام لحساب وإيجاد المحتوى المائي الحقيقي لكل نموذج.
10- بعد تجهيز كل قالب الفقرات من 6-8 يتم قلب القالب ووضع ورقة ترشيح على الوجه الذي لم يوضع عليه ويعاد القالب إلى قاعدته المثقبة الأصلية (التي تم وزنه معها فارغا) ويثبت بشكل جيد جدا ويوزن القالب مع الحصى الخابط بداخله لمعرفة وزنه وبالتالي كثافته .
11- يوضع فوق القالب أوزان تمثل سمك الطريق ويعلم القالب بعلامات لمعرفة المعلومات عنه وبعدها يغمر في حوض ماء بدرجة حرارة 25 مئوية لمدة 96 ساعة أو أربعة أيام.(ارتفاع الماء لا يقل عن 2,5 سم فوق القالب) سجل زمن بداية الاختبار ثم خذ قراءات بعد مرور 12 ، 24، 36 ، 48 ، 72 ، 96 ساعة لتحديد مقدار الانتفاخ.

12- تخرج القوالب بعد أربعة أيام من الماء وينتظر 15دقيقة لغرض بزل الماء الزائد ويتم رفع الأثقال عنها .

13- يوضع القالب في جهاز فحص CBR و نبدأ قراءة القوة مقابل الاختراق و كما مبين في المثال ادناه، ملاحظة إن سرعة تسليط الوزن للجهاز هي 1,3ملم/دقيقة .

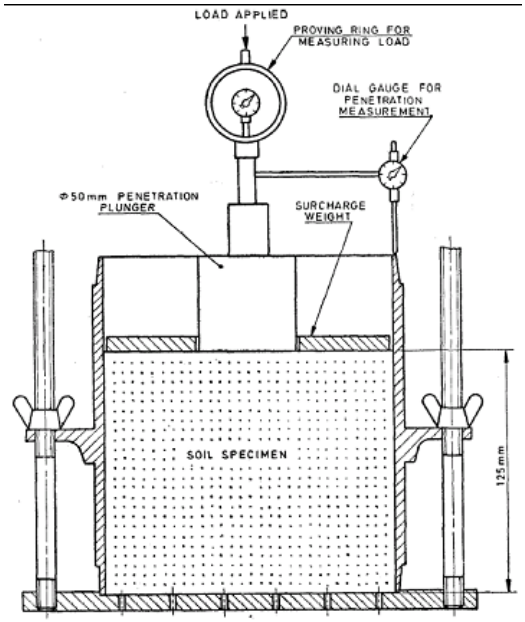
14- تكرر العملية للقوالب الاثنين الباقيين بنفس ما ورد في 13

15- ترسم علاقة بين الاختراق (ملم) مقابل القوة التي تقابلها من هنا ينتج ثلاث منحنيات وإذا كان هناك انقلاب في شكل المنحني يتم التصحيح بواسطة رسم مماس من نقطة الانقلاب بعدها يتم حساب القوة التي تقابل 2,54 ملم و 5,08 ملم من المنحنيات بعد التصحيح ويتم حساب قيم CBR من كل منها .

16- أل CBR التي نتجت من2,54 ملم هي التي يعول عليها غالبا لأنها الأعلى اما إذا كانت قيمة CBR عند 2,54 ملم اقل من قيمتها عند 5,08 ملم تعاد التجربة وإذا كانت النتيجة نفسها فيتم اعتمادها.

17- وعليه سيتم الحصول على ثلاث قيم لل CBR يقابلها ثلاث قيم للكثافات الجافة γ_d. من قيم CBR و γ_d يتم رسم منحني منه نستطيع أن نجد قيمة CBR عند نسبة حدل 95% المطلوبة بالمواصفات.

18- الإجهاد القياسي الذي يتم مقارنة الأجهادات عند 2,54ملم و5,08 ملم هي 1000 psi و1500psi أي (6,9 ميكاباسكال و10,3 ميكاباسكال) بالتتابع.



Initial Concavity

¬The load – penetration curve may show initial concavity due to the following reasons:
¬The top layer of the sample might have become too soft due to soaking in water
¬The surface of the plunger or the surface of the sample might not be horizontal

Correction

¬Draw a tangent to the load-penetration curve where it changes concavity to convexity
¬The point of intersection of this tangent line with the x-axis is taken as the new origin
¬Shift the origin to this point (new origin) and correct all the penetration values

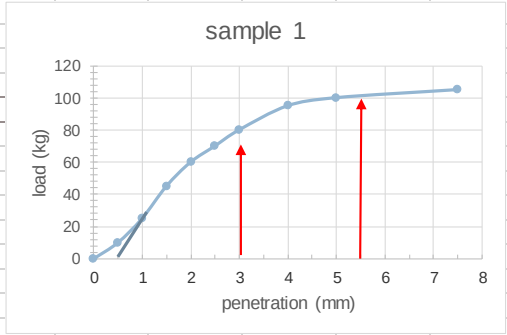
Permissible Variation in CBR Value

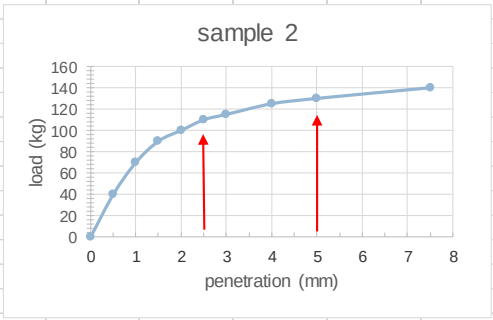
CBR (per cent)	Maximum variation in CBR value
5	± 1
5-10	± 2
11-30	± 3
31 and above	± 5

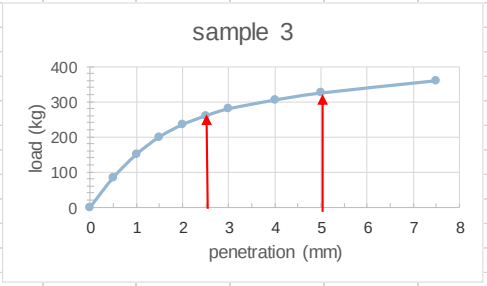
مثال يوضح العمليات الحسابية لثلاث نماذج لايجاد قيمة CBR

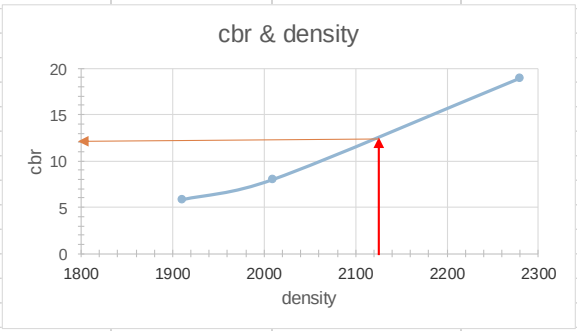
	sample 1	sample 2	sample 3
dry density kg/m3	1910	2010	2280
max.density= 2230			
penetration	load on plunger (kg)		
mm	sample 1	sample 2	sample3
0	0	0	0
0.5	10	40	84
1	25	70	150
1.5	45	90	200
2	60	100	235
2.5	70	110	260
3	80	115	280
4	95	125	305
5	100	130	325
7.5	105	140	360

cbr	sample 1	sample 2	sample 3
cbr@ 2.5	80/1370=0.058	110/1370=0.08	260/1370=0.189
cbr@ 5	102/2055=0.0496	130/2055=0.063	325/2055=0.158
cbr	5.8	8	18.9









cbr &0.95from density =0.95*2230=2118

cbr =12

المحاضرة السادسة

فحوصات الاسفلت

تجربة رقم (6) درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفلاند المفتوح .

المواصفات الفنية : (AASHTO T-48)

تصف هذه الطريقة خطوات اختبار تحديد درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفلاند المفتوح للمنتجات البترولية والسوائل الأخرى ماعدا الوقود والمواد التي لها درجة وميض في الطبق المفتوح أقل من 79 م° .

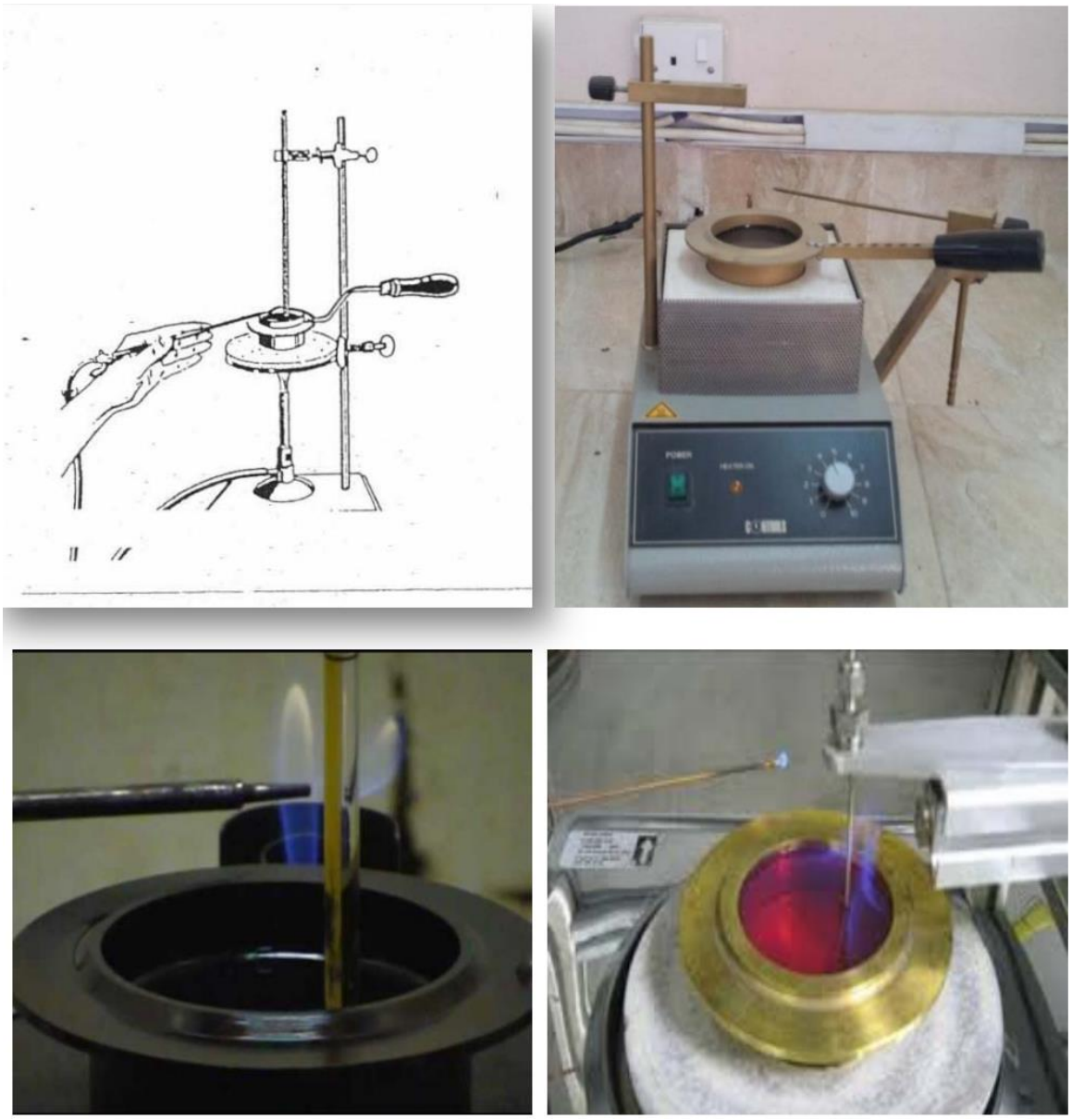
الغرض من التجربة:

إن المواد البيتومينية قابلة للاشتعال كما أن الأبخرة الخفيفة عند خلطها بالهواء تصبح قابلة للانفجار. فإذا كانت درجة الحرارة المستخدمة عند تشغيل الإسفلت عالية، فيجب اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لمنع حدوث الحرائق. وتجرى تجربة الاشتعال لمعرفة درجة الحرارة التي تشتعل عندها الغازات المتصاعدة من المواد البيتومينية وهذا يحدث قبل احتراق المادة نفسها. وإذا كانت درجة اشتعال العينة عالية فإن ذلك يبين أن مادة هذه العينة لا تحترق عند تسخينها إلى درجة السيولة. وأقل درجة اشتعال للبيتومين المستخدم هي ١٧٥ درجة مئوية، وفي العادة تكون درجة حرارة خلط البيتومين حوالي ١٦٢ درجة مئوية وتكون درجة اشتعال المواد البيتومينية في حوالي ٢٣٠ درجة مئوية.

وصف طريقة إجراء التجربة .

يملأ طبق الاختبار بالعينة إلى المنسوب المحدد وتزاد درجة حرارة العينة بسرعة مبدئياً ثم بمعدل بطيء ثابت كلما اقتربت لنقطة الوميض ، ويمرر لهب اختبار صغير على فترات محددة عبر الطبق ، وتسجل أدنى درجة حرارة يحدث عندها التبخر فوق سطح السائل والذي يبدأ بعده الوميض عند تعرض البخار للهب الاختبار ، ولتحديد نقطة الاشتعال يستمر الاختبار حتى يسبب تعريض لهب الاختبار احتراق الزيت ويستمر الاحتراق لمدة 5 ثوان على الأقل .

تسجل حرارة نقطة الوميض عند قراءتها على مقياس درجة الحرارة بمجرد ظهور الوميض عند أي نقطة على سطح الزيت مع عدم خلط الوميض الحقيقي مع اللهب الأزرق المحيط بلهب الاختبار . ويستخدم لإجراء الاختبار طبق كليفلاند المفتوح ، ويتكون من طبق الاختبار ولوحة التسخين ولهب الاختبار وسخان كما في شكل رقم (1) .



شكل رقم (1) **جهاز كليفلاند**

تجربة رقم (7) تحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية Penetration Of Bituminous Materials

المواصفات الفنية : (AASHTO T-49)

تصف هذه الطريقة أسلوب تعيين مقدار الغرز للمواد البيتومينية النصف صلبة والصلبة ، وتجرى هذه الطريقة بواسطة صهر العينة وتبريدها تحت ظروف محكمة ، وتقاس درجة الغرز باستخدام جهاز غرز و إبرة قياسية . ويعرف مقدار الغرز على أنه المسافة بعشر المليمتر التي تخترقها إبرة قياسية رأسياً في عينة من المادة تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة والتحميل والوقت .

الغرض من التجربة:

تجرى هذه التجربة لمعرفة قوام المادة البيتومينية المطلوب استعمالها في الرصف ويستخدم فيها جهاز الغرز وإبرة قياسية. ويعرف مقدار الغرز على أنه المسافة التي تتحركها الإبرة مخترقة عمودياً عينة من المادة البيتومينية تحت ثقل معين وفي زمن معين وتحت درجة حرارة معينة. وعادة ما يكون الوزن فوق الإبرة ١٠٠ جرام والزمن ٥ ثوان ودرجة الحرارة ٢٥ درجة مئوية ويقاس مقدار الغرز بعشر المليمتر. وتعتبر تجربة الغرز من أهم التجارب في مجال الرصف لتحديد درجة صلابة وقوام المواد البيتومينية وتعرف المادة بدرجة غرزها، فمثلا بتيومين ٣٠/٢٠ أي درجة غرزه تتراوح بين ٢٠ و ٣٠. ويستعمل الإسفلت اللين ذو درجة غرز عالية في البلدان الباردة حتى لا يتشقق بفعل البرودة بينما يستعمل الإسفلت الصلب ذو درجة غرز منخفضة في البلدان الحارة حتى لا يصبح سائلاً تحت عجلات المركبات.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز الغرز الموضح في الشكل (٢).
٢. إبرة.
٣. وعاء.
٤. حمام مائي.
٥. مقاييس لدرجة الحرارة.
٦. أداة توقيت.

شكل رقم (2) جهاز الغرز

جهاز الغرز

يمكن قبول أي جهاز يسمح بحركة المحور بدون أي احتكاك يذكر ، ويكون معايراً بدقة ليعطي نتائج تتفق مع وصف مصطلح الغرز ، ويجب أن يكون السطح الذي يرتكز عليه وعاء العينة مسطحاً ، ويكون محور الضاغط على زاوية 90° تقريباً على هذا السطح ، كما يجب أن يكون المحور قابلاً للفصل من الجهاز بدون استعمال أي أدوات خاصة للتأكد من كتلته . وعندما يتم تركيب الإبرة في المحور يجب أن تكون كتلة المحور المتحرك 47.5± 0.05 غرام وبغض النظر عن طريقة تثبيت الإبرة ، يجب أن يكون الوزن الكلي للإبرة والمحور معاً 50.000 ± 0.1غرام . كما يجب أن توفر أوزان 50.000 ± 0.05 غرام و 100 ± 0.05 غرام لكي تكون هناك أحمال كلية تساوي 100غرام و200غرام (0.9 نيوتن و2 نيوتن) اعتماداً على ظروف الاختبار المطلوب تطبيقها .

الإبرة

تصنع الإبرة الموضحة في شكل رقم (2) من قضيب مطبّع (مغطس) وصلب تماماً لا يصدأ ، ويكون طولها 50 ملم تقريباً وقطرها 1 إلى 1.02 ملم على أن تكون إحدى نهايتيها مستدقاً على شكل مخروط بزاوية تتراوح بين 8.7 إلى 9.7 درجة ، كما يجب أن يكون المقطع مربعاً عند اتصاله بمحور الإبرة. ويكون وزن المحور والإبرة معاً 2.50 ± 0.05 غرام (يسمح بوجود ثقب في نهاية المحور للتحكم في الوزن) .

الوعاء

يصنع الوعاء الذي تختبر فيه العينة من المعدن أو الزجاج على شكل أسطواني وتكون قاعدته مسطحة ، والوعاء الذي يستخدم للمواد التي تكون درجة الغرز لها 200 أو أقل يجب أن يكون له سعة 90 مليليتر ، ويجب أن تكون أبعاده الداخلية كما يلي : القطر 55ملم والعمق 35 ملم .

الحمام المائي :

يجب الاحتفاظ بدرجة حرارة الحمام المائي بحيث لا تتغير عن أكثر من 1 م° من درجة حرارة الاختبار ، ويجب ألا يقل حجم الماء عن 10 لتر ، كما يجب أن يكون ارتفاع الحمام بحيث يكون الرف المثقب على بعد 50ملم على الأقل فوق قاع الحمام ، ويكون مستوى سطح الماء أعلى من قمة الرف المثقب بـ 150 ملم على الأقل ، ويجب عدم السماح بتلوث الحمام المائي بالزيت أو الطين ، ويمكن استخدام محلول الملح في الحمام المائي لتعين درجات الحرارة المنخفضة . إذا كانت اختبارات درجة الغرز ستتم بدون نقل العينة من الحمام المائي ، فيجب تزويده برف قوته كافية لتحمل جهاز الغرز .

مقاييس لدرجة الحرارة :

بما أن دقة نتائج الاختبار تعتمد على حالات الحرارة المتحكم فيها بدقة ، لذا يجب معايرة المقياس المستخدم في الحمام المائي بواسطة

طبق النقل الخاص بالوعاء :

عند استخدامه يجب أن يكون طبق النقل الخاص بالوعاء أسطواني بقاع مسطح مصنوع من زجاج أو معدن أو بلاستيك كما سيزود الوعاء ببعض الوسائل التي سوف تؤمن قوة تحمله وتمنع اهتزازه ، ويكون له قطر داخلي بمقدار 90ملم على الأقل ويكون العمق الذي يعلو القاع الحامل بمقدار 55ملم على الأقل .

أداة توقيت :

لأجهزة الغرز يدوية التشغيل يمكن استخدام أي أداة توقيت مناسبة مثل جهاز كهربائي أو ساعة إيقاف .

تجهيز العينة :

1- يتم تسخين العينة مع الحرص على عدم تعرضها لتسخين موضعي عالي حتى تصبح سائلة ، ثم مع التقليب المستمر ترفع درجة حرارة العينة الاسفلتية بحيث لا تتجاوز 100°م أعلى من درجة الليونة . أما درجة حرارة عينة قطران الرصف فيجب ألا تتجاوز 56 م° أعلى من درجة الليونة المعينة بواسطة طريقة اختبار درجة الليونة للمواد البيتومينية (طريقة الحلقة والكرة) مع تجنب احتواء العينة على فقاقيع هوائية , ثم تصب العينة في الوعاء بحيث يكون عمقها بعد تبريدها إلى درجة حرارة الاختبار يزيد بـ 10ملم على الأقل عن العمق المتوقع لاختراق الإبرة ، ويجب أن تصب عينات منفصلة عند كل تغيير في ظروف الاختبار .

2- يغطى كل وعاء ومحتوياته كحماية ضد الغبار ويترك ليبرد في الهواء ، ثم توضع العينة في الحمام المائي الذي يكون في درجة الحرارة المعينة للاختبار فوق طبق النقل (إذا تم استخدامه) وتترك لمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن 1.5 ساعة (ساعة ونصف الساعة)

طريقة إجراء الاختبار

1- ما لم يذكر خلاف ذلك يوضع وزن مقداره 50 غرام فوق الإبرة ليصبح الحمل الكلي 100 غرام للإبرة وملحقاتها ، وإذا تم الاختبار باستخدام طبق النقل ، توضع العينة في طبق مملوء بالماء من الحمام إلى عمق يسمح بتغطية تامة لوعاء العينة ، ثم يوضع طبق النقل المحتوي على العينة على قاعدة جهاز الغرز ويتم عمل الاختبار في الحال ، وفي كل حالة تضبط الإبرة المحملة بالثقل المعين ليتم تلامسها مع سطح العينة ، ويمكن الوصول إلى هذا بتطابق طرف الإبرة مع صورتها المنعكسة على سطح العينة وذلك باستعمال مصدر ضوئي موضوع في مكان ملائم ، وتؤخذ قراءة المؤشر أو يضبط المؤشر على الصفر ثم تطلق الإبرة بسرعة لمدة الزمن المحدد ، ويضبط الجهاز لقياس المسافة المخترقة ويتم ملاحظة وعاء العينة عند استخدام الإبرة ،وإذا لوحظت أي حركة للوعاء فيجب إهمال هذه النتيجة وإعادة التجربة .

2- يجب تسجيل ما لا يقل عن ثلاث قيم غرز عند نقاط على سطح العينة بحيث لا يقل بعدها عن جدار الوعاء عن 10 ملم ، ولا يقل البعد بينهما عن 10 ملم ، وإذا تم استخدام طبق النقل يعاد الطبق والعينة للحمام المائي بعد كل غرز ، وقبل كل اختبار يتم تنظيف الإبرة بقطعة قماش نظيفة مغمورة ومبللة بمذيب مناسب لإزالة كل البيتومين اللاصق ثم تجفف بقطعة قماش جافة نظيفة ، وتستخدم ثلاث إبر على الأقل لقيم الغرز التي تزيد عن 200 ، مع تركها في العينة حتى إتمام الغرز .

التقرير

يسجل لأقرب رقم صحيح متوسط ثلاث قراءات على الأقل لا تختلف قيمتها بأكثر من القيم المبينة فيما يلي:

الغرز من إلى	0-49	50-149	150 -249	أكثر من250
أقصى فرق بين أعلى وأقل قيم يتم الحصول عليها	2	4	6	8

تجربة رقم (8) الطريقة القياسية لتحديد نقطة الليونة Softening Point

المواصفات الفنية (AASHTO T - 53) .

مقدمة

ينتقل البيتومين تدريجيا من حالة الصلابة ، ويصبح أكثر طراوة وأقل لزوجة كلما ارتفعت درجة الحرارة ضمن مدى واسع من الحرارة , وكلما كانت نقطة الليونة أعلى قلت حساسية البيتومين للحرارة ، ولذلك تفيد هذه التجربة في مقارنة أنواع الاسفلت المختلفة ، وهذا يساعد على تصنيف أنواع البيتومين ، وتعطينا فكرة عن ميل البيتومين للانسياب عند درجات الحرارة المرتفعة عندما يوضع على الطرق , تفيدنا هذه الطريقة في السيطرة على إنتاج البيتومين في محطات التكرير وفي إنتاج البيتومين المعرض للهواء ، كذلك فإن للتجربة أهمية خاصة في الطبقات السميكة من البيتومين والبيتومين المستعمل لملء الفواصل والشقوق ودهان الأسطح حيث إن نقطة الليونة العالية تعني عدم انسياب البيتومين أثناء وبعد الاستعمال ,تعطي هذه التجربة تعيين نقطة الليونة للأسفلت في مدى يتراوح من 30 إلى 175مْ باستخدام جهاز الحلقة والكرة في حمام ساخن (حمام مائي او حمام يحتوي محلول الأيثيلين جليكول) .

الادوات المستخدمة

1- الجهاز : يتكون الجهاز من الاجزاء التالية وكما مبين في الشكل رقم (3)

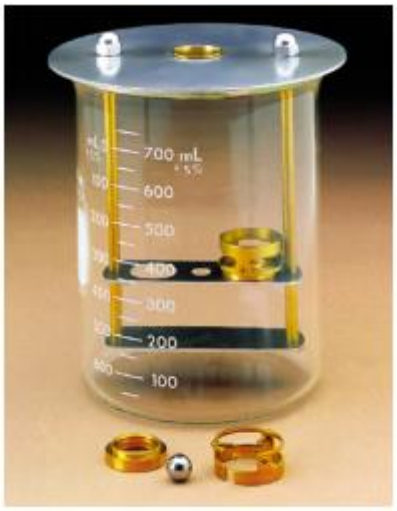
2- حلقات من النحاس.

3- كرة من الصلب بقطر 3/8 (9.5 ملم) وتزن 3.5± 0.05غم .

4- دليل مصنوع من النحاس لتحديد المركز للكرة

5- حمام ذو سعة 800 مليليتر من نوع الكأس الثابت وبزجاج مقاوم للحرارة .

6- حامل الحلقة



شكل رقم (٣) جهاز قياس نقطة الليونة

تحضير العينات

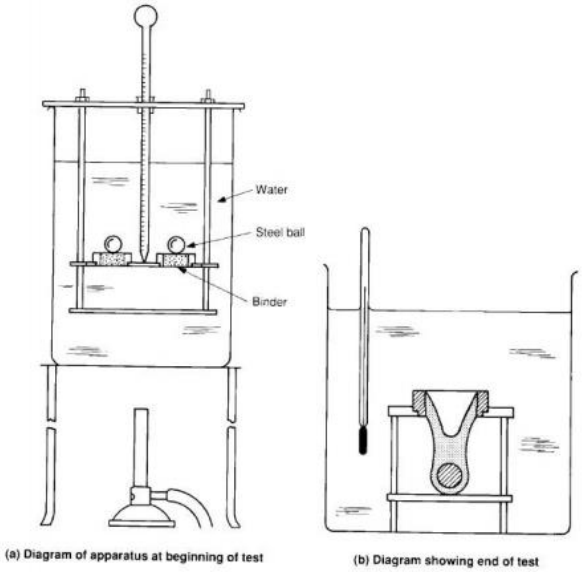
1. يتم تسخين البيتومين مع التحريك لمنع التسخين الموضعي حتى يصبح سائلاً يمكن سكبه ، ويجب ألا يسخن الاسفلت الأسمنتي أكثر من 100مْ أعلى من نقطة الليونة المتوقعة ، وألا يستمر التسخين أكثر من 30 دقيقة فوق لهب أو ساعتين في فرن مع تجنب حدوث فقاعات هوائية .
2. توضع الحلقات فوق سطح صلب مطلي بالجلسرين أو أي مادة مناسبة لمنع الالتصاق وتملأ الحلقات بالبيتومين حتى يصل إلى مستوى أعلى من حافة الحلقة ، ثم تبرد العينات في الهواء لمدة نصف ساعة ، ثم يزال الاسفلت الزائد بالسكين ، ويجب أن ينتهي العمل خلال أربع ساعات .

طريقة الفحص

1- توضع الحلقات الحاوية للعينات فوق القطعة المخصصة لحملها ، ويوضع فوقها الحلقات (القطع) التي تبقي الكرة فوق الاسفلت في المركز وتغمر المجموعة في حمام من سائل الأيثيلين جليكول(Ethylene glycol) او الماء ويوضع ميزان الحرارة في منتصف الوعاء رأسياً حتى يصل إلى مستوى الحلقات دون أن يلامس الحلقات أو اللوحة .

2- تثبت درجة الحرارة للحمام عند 5 ± 1مْ لمدة 15 دقيقة .

3. توضع الكرات فوق عينات الاسفلت ضمن الحلقات التي تبقي الكرات في مركز العينة .
4. ابدأ التسخين بحيث ترتفع درجة الحرارة تدريجياً بمعدل 5 ± 0.5 مْ كل دقيقة ، ولا يجوز عمل معدل لارتفاع الحرارة على مدى زمن التجربة ، و تلغى أي تجربة لا يتم التحكم فيها بالحرارة بالمعدل المطلوب بعد مرور 3 دقائق . ويستمر التسخين للكرات والعينة حتى تبدأ العينة بالانسياب والهبوط ، وعندما تلامس العينة اللوحة السفلية تسجل درجة الحرارة كما مبين في الشكل رقم (4b)، وقد تلامس أحد الكرات اللوحة قبل الأخرى فإذا كان الفرق بين الحرارة التي سجلت لتلامس الكرة الأولى والحرارة التي سجلت للثانية أعلى من درجة مئوية تعاد التجربة .



شكل رقم (4) صورة توضيحية لجهاز فحص نقطة الليونة قبل وبعد الفحص

المحاضرة السابعة

تجربة رقم (9) اللزوجة الحركية للأسفلت (Kinematic Viscosity of Asphalt)

المواصفات الفنية : (AASHTO T 201)

المجال

1- تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة الحركية للأسفلت السائل (البيتومين) وزيوت الطرق والجزء المتبقي من تقطير الاسفلت السائل (البيتومين) وجميعها عند درجة حرارة 60 م° , وكذلك الاسفلت شبه الصلب عند 135 م° وذلك للزوجة تتراوح بين 6 إلى 100.000 سنتي ستوك CST .

2- يمكن استخدام الناتج من هذه الطريقة لحساب اللزوجة عندما تكون كثافة المادة المختبرة معلومة عند درجة حرارة الاختبار أو يمكن حسابها .

ملحوظة (1) تصلح هذه الطريقة للاستخدام عند درجات حرارة أخرى ولكن الدقة المقبولة المعطاة في حالة تطبيق هذه الطريقة على الاسفلت السائل وزيوت الطريق عند 60° م وكذلك على الاسفلت شبه الصلب عند 135° م فقط وفي حدود اللزوجة من 30 إلى 6000 سنتي ستوك (CST) .

ملخص الطريقة

يقاس الزمن اللازم لانسياب حجم معين من السائل خلال مسار دقيق لمقياس لزوجة شعري ذي أنبوبة شعرية معايرة ، وذلك تحت ضغط قابل للتكرار بدقة وعند درجة حرارة متحكم فيها إلى حد كبير ، وتحسب اللزوجة الحركية بعد ذلك بضرب زمن الانسياب بالثواني في معامل معايرة مقياس اللزوجة .

تعريفات

1-اللزوجة الحركية :

هي نسبة معامل اللزوجة إلى كثافة السائل ، وهي مقياس لمقاومة تدفق السائل تحت تأثير الجاذبية .

وحدة اللزوجة الحركية في النظام المتري الفرنسي هي 1 سم 2 /ث وتسمى ستوك (1ستوك) ، أما في النظام المتري العالمي فإن وحدة اللزوجة الحركية هي 1 م2/ث وهي تكافئ 10^4 ستوك . والوحدة المستخدمة كثيراً هي سنتي ستوك حيث يمكن كتابة (1 سنتي ستوك = 10^{-2} ستوك) .

2-الكثافة

هي كتلة وحدة الحجوم من السائل وهي تساوي 1 جم/سم3 في النظام المتري الفرنسي وتساوي 1كجم/م3 في النظام الدولي للوحدات .

3-اللزوجة

تسمى النسبة بين إجهاد القص المؤثر ومعدل القص بمعامل اللزوجة ، وبذا يكون هذا المعامل مقياساً لمقاومة الانسياب للسائل وهو يسمى عموماً لزوجة السائل ، ووحدة اللزوجة في النظام الفرنسي المتري هي 1غم/سم .ث (1 داين ث/سم2) وتسمى بويز (Poise) بينما وحدة اللزوجة في النظام الدولي للوحدات هي 1 نيوتن ث/م2 وهي تكافئ 10 بويز وغالباً ما تستخدم وحدة سنتي بويز (1 سنتي بويز = 10^{-2} بويز) .

الأجهزة المستخدمة :

1- مقاييس اللزوجة (VISCOMETERS)

تستخدم مقاييس اللزوجة من الطراز الشعري وهي تصنع من زجاج البورسيليكات الملدن وهي مناسبة لهذا الاختبار وتتضمن مايلي : (شكل رقم (5))

– مقياس اللزوجة من نوع(كانون – فينسك) للسوائل المعتمة .

– مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع المستعرض .

– مقياس اللزوجة من نوع (لانتز – زيتفوس) .

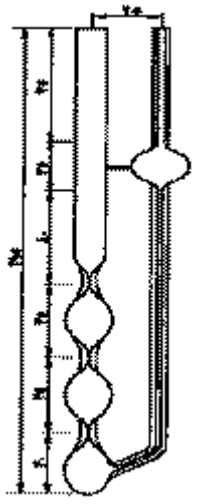
– مقياس اللزوجة المطابق للمواصفات البريطانية المعدل ذو الانسياب العكسي وهو على شكل أنبوبة .

2-أجهزة قياس درجة الحرارة (THERMOMETERS) :

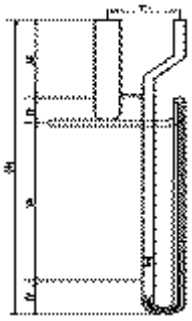
تتميز مقاييس درجة الحرارة الخاصة باللزوجة الحركية و المعايرة طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد بمدى 58.6 إلى 61.4 م° و 133.6 إلى 136.4م

ويسمح باستخدام وسائل أخرى لقياس درجات الحرارة شريطة أن تكون دقتها وحساسيتها تساوي إن لم تزد عن تلك المقاييس المبينة في المواصفات المذكورة .

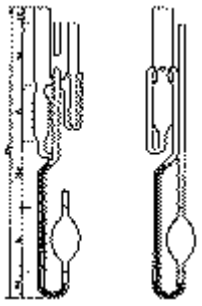
.



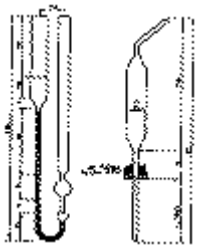
مقياس اللزوجة من نوع (كانون – فينسك) المستعرض



مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع



المسقط الرأسي مقياس اللزوجة من نوع (لانتز – زيتفوس)



المسقط الجانبي مقياس اللزوجة ذو الانسياب العكسي

شكل رقم (5) انواع مختلفة لمقاييس اللزوجة

3–الحمام المائي :

يكون الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة (VISCOMETER) بحيث لا يقل منسوب أعلى خزان السائل أو قمة القناة الشعرية (أيهما أعلى من الآخر) عن 20 ملم أسفل منسوب الحمام العلوي مع توخي سهولة رؤية مقياس اللزوجة ومقياس درجة الحرارة ، ويراعى أن تكون مرتكزات مقياس اللزوجة ثابتة أو أن يكون مقياس اللزوجة جزءاً متكاملاً مع الحمام ، ويجب أن تكون كفاءة التقليب والتوازن بين مقدار الحرارة المفقودة ومقدار الحرارة الداخلة بحيث لا تتغير درجة حرارة المادة الوسيطة عن± 0.03˚ م (± 0.05˚ ف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو من مقياس لزوجة لآخر في مواضع مختلفة من الحمام .

يعتبر الماء المقطر سائلا مناسباً للحمام لإجراء الاختبار عند 60˚ م (140 ف) ، وقد وجد أن الزيت الأبيض (USP) ذو درجة الوميض الأعلى من 215˚م (420 ف) مناسب لإجراء الاختبار عند 135˚م (275˚ ف) ، وتحدد درجة الوميض طبقاً لاختبار درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفولاند المفتوح (AASHTO T48).

4–أجهزة التوقيت :

1– أداة التوقيت :

تستخدم ساعة إيقاف أو أي وسيلة توقيت مزودة ببيان تشغيل ومدرجة بأقسام تعادل 0.1ث أو أقل وتكون دقتها في حدود 0.05٪ عند اختبارها عبر فترات لا تقل عن 15 دقيقة .

2– أداة توقيت كهربائية

وهي تستخدم فقط بالدارات الكهربائية التي يصل التحكم في ترددداتها إلى دقة 0.05 ٪ أو أفضل من ذلك .

وقد تلاحظ أن التيارات الكهربائية المترددة التي يكون التحكم في ترددداتها متقطعا وليس مستمراً (كما هو الحال في

أكثر نظم القدرة شيوعاً) تؤدي إلى أخطاء كبيرة خاصة خلال فترات التوقيت القصيرة عند استخدامها لتشغيل أدوات التوقيت الكهربائية .

5- إعداد العينة

يراعى اتباع الإرشادات التالية وذلك لتقليل الفقد في المكونات المتطايرة وللحصول على نتائج يمكن الاعتماد عليها وهي :

- الطريقة المستخدمة للأسفلت السائل (البيتومين) وزيت الطرق .
- تترك العينات التي تم استلامها كما هي حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة .
- يفتح وعاء العينة وتخلط العينة جيداً بالتقليب لمدة 30 ثانية مع مراعاة عدم إيجاد هواء محبوس بها , وإذا كانت العينة لزجة بدرجة تصعب على هذا التقليب فلا بأس من وضع العينة داخل وعاء محكم تماماً في حمام أو فرن ذي درجة حرارة ثابتة عند 63±3 م حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي للتقليب .
- يتم صب العينة في مقياس اللزوجة فوراً ، أما إذا كان إجراء الاختبار سيتم فيما بعد فيتم صب حوالي 20 مليلتر داخل وعاء أو عدة أوعية نظيفة جافة ذات سعة 30 مليلتر تقريباً ثم يغلق الوعاء أو الأوعية بإحكام فوراً بغطاء يمنع دخول الهواء .
- في حالة المواد ذات اللزوجة الحركية الأكبر من 800 سنتي ستوك عند 60° م يجرى تسخين العينة التي حجمها 20 مليلتر داخل الوعاء المحكم في فرن أو حمام ذي درجة حرارة تساوي 63± 3° م حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لتنقل بسهولة داخل مقياس اللزوجة ويجب ألا تزيد فترة التسخين عن 30 دقيقة .

خطوات الاختبار

1. تختلف قليلاً التفاصيل اللازمة لإجراء الاختبار تبعاً لنوع مقياس الزوجة المستخدم من حيث تعليمات الاستخدام للنوع المختار من مقياس اللزوجة .
2. يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار في حدود ± 0.03° م (± 0.05° ف) ، وتجرى التصحيحات اللازمة (إن وجدت لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة) .
3. يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف بحيث يعطي زمن انسياب أكبر من 60 ثانية ثم يسخن مسبقاً إلى درجة حرارة الاختبار .
4. يملأ مقياس اللزوجة بالطريقة المبينة طبقاً لتصميم الجهاز.
5. يترك مقياس اللزوجة الممتلئ في الحمام مدة كافية حتى يصل إلى درجة حرارة الاختبار.
6. يبدأ في انسياب الاسفلت في مقياس اللزوجة.
7. يجرى قياس الزمن اللازم لمرور الحافة المتقدمة للسطح الهلالي للسائل من العلامة الأولى إلى العلامة الثانية بدقة 0.1 ثانية ، فإذا قل زمن الانسياب عن 60 ثانية لابد من اختبار مقياس لزوجة آخر ذو قناة شعرية يقل قطرها عن الأولى ثم تكرر العملية .

8. بعد الانتهاء من الاختبار ينظف مقياس اللزوجة جيداً بشطفه عدة مرات بمذيب مناسب يكون قابلاً للامتزاج التام بالعينة ثم يعقبه شطف بمذيب متطاير تماماً وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار هواء بطيء مرشح ومجفف خلال القناة الشعرية لمدة دقيقتين أو حتى يزول كل أثر للمذيب ، ولابد من تنظيف الجهاز دورياً بمحلول حمض الكروميك لإزالة الرواسب العضوية ثم يشطف بعد ذلك بالماء المقطر والأسيتون الخالي من الرواسب ويجفف أخيراً بهواء جاف مرشح .

1. **الحسابات**

1. تحسب اللزوجة الحركية لأقرب ثلاث أرقام صحيحة باستخدام المعادلة التالية :

اللزوجة الحركية (سنتي ستوك) = م . ز

حيث :

م = ثابت المعايرة لمقياس اللزوجة (VISCOMETER) (سنتى ستوك / ث)

ز = زمن الانسياب (ث) .

2. **التقرير**

لابد دائماً من تسجيل درجة حرارة الاختبار مع النتائج فمثلاً : اللزوجة الحركية عند 60° م تساوي 75.6 سنتي ستوك .

المحاضرة الثامنة

تجربة رقم (10) فحص الفقدان بالتسخين

Loss on Heating Test

Test Conditions:

- 50 gm of asphalt heating for 5hrs at 163 °C.

References: ASTM D1754-02 and AASHTO T 47-05: *"Standard test method effect of heat and air on asphalt materials (thin- film oven test)"* .

Apparatus:

1. Oven with rotating shelf "ASTM Standard", see Fig. (6).
2. Containers "metal or glass"55 mm in diameter and 35 mm depth, see Fig. (7).
3. Thermometer.
4. Balance.

Figure (6)

Figure (7) Containers

Procedures :

1. Heat a suitable amount of bitumen to temperature of 150° C, and pour (50 ±0.5) gm of the bitumen in the specified container but avoid the air bubbles in the sample, and weight to the nearest 0.01 gm. This will be W1.
2. Bring the oven to a temperature of 163 °C and place the container with the sample, then close the oven and rotate the shelf.
3. Maintain the temperature at (163 ±1) °C for 5 hours, after the sample has been introduced. The 5- hrs period shall start when the temperature reach 162 °C but the total time in oven shall in no case exceed 5hrs and 15 min. The rate of shelf rotating is of 5 to 6 rpm.
4. Remove the sample container from the oven; cool to room temperature and weight to the nearest 0.01 gm. This is W2.
5. Empty the containers into a larger one stir combined residue thoroughly and prepare it for penetration and ductility test.

Calculations:

1. Find the loss in mass for each sample from:

$$\%loss\ in\ mass = \frac{w1-w2}{w1} * 100$$

Where:

W1=weight of the sample before TFOT (gm)

W2= weight of the sample after TFOT (gm)

Report the average value.

2. Find the penetration and ductility of the residue expressed as percent of the original penetration.

$$\textbf{Retained Penetration (\%)} = \frac{Pen.after\ TFOT}{Pen.before\ TFOT}$$

$$\textbf{Retained Ductility (\%)} = \frac{Duc.\ after\ TFOT}{Duc.before\ TFOT}$$

Grade of Bitumen :				
Pan No.	Weight of Dish (gm)	Weight of (Sample+ Dish) Before TFOT, (gm)	Weight of (Sample+ Dish) After TFOT, (gm)	% Loss in Mass
A				
B				
Penetration after TFOT				
Ductility after TFOT, cm				

المحاضرة التاسعة

تجربة رقم (11) فحص الممطولية

Ductility test

Objective :

The ductility test is used to describe the ductile and tensile behavior of bituminous binders. The test, which is normally performed at ambient temperature, is believed to reflect the homogeneity of the binder and its ability to flow.

Main Principles :

- It is the distance in centimeters to which bituminous material elongate before braking when the end of a briquette specimen of the material is pulled at a specified speed and specified temperature.
- The specimen is placed in a water bath at 25°C and allowed to equilibrate before testing.
- If the asphalt sample sage then the test is not normal, add sodium chloride to the water .

Test Condition:

- Temperature =25 °C
- Rate of pulling = 5 cm/min

References: ASTM D 113- 99 and AASHTOT 51-2006:" *Standard Test Method for Ductility of Bituminous Materials* ".

Apparatus:

1. Ductility testing machine, (see Fig. 8).
2. Ductility mold and plate, (see Fig. 9)
3. Water path
4. Thermometer.
5. Hot plate
6. Spatula.

Figure (8) Ductility testing machine

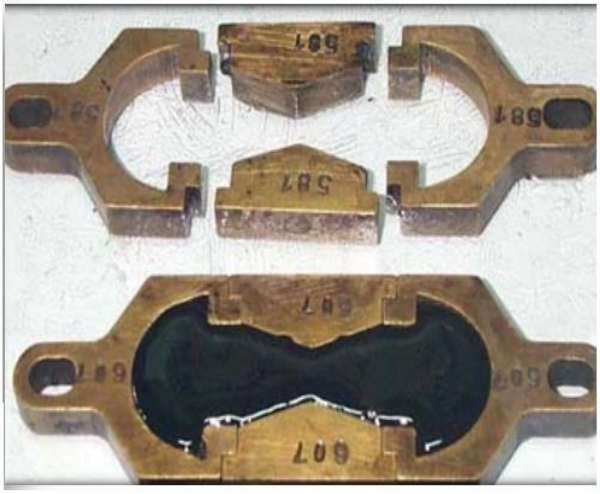


Figure (9) Mold for ductility test

Procedures :

1. Molding test specimen:

- arrange the parts of the mold on a flat level plate with mixture of glycerin and dextrin.
- Carefully heat the sample to prevent local overheating until it has become sufficiently fluid to pour.

- Pour the bitumen in a thin stream from end to end of the mold, cool to room temperature from 30-40 min., and then place it in the waterbath maintained at the specified temperature of test for 30 min., and then cut off the excess bitumen by a hot spatula.
- Place the assembly "mold containing the bitumen and the plate in the water bath at 25 °C for 90 min.
- Prepare three samples in the same way.

2. Testing:

- Remove the briquette from the plate, and detach the sidepieces.
- Immediately, attach the end of the mold to the pins in the testing machine, and run it.
- The machine will pull apart the specimen at a uniform speed until the briquette rupture.
- Measure and record the distance in centimeters, which the briquette traveled before rupture. See Fig. (**8**).

المحاضرة التاسعة – المحاضرة الخامسة عشر

اختبارات الخلطة الإسفلتية

تصميم الخلطات الإسفلتية بطريقة مارشال

Marshall Method of Design

تستخدم معظم هيئات الطرق طريقة مارشال لتصميم الخلطات الإسفلتية، وتعطي هذه الطريقة خلطات إسفلتية اقتصادية تتميز بالخواص الآتية:

١. نسبة إسفلت كافية لضمان ديمومة ومرونة الخلطة.
٢. فراغات هوائية كافية تسمح باستيعاب الإسفلت.
٣. قوة كافية لمقاومة حركة المرور دون حدوث أي تشوهات في الطبقة.
٤. القابلية لسهولة التعامل.

اختبار مارشال

Marshall Test

الغرض من الاختبار:

١. تصميم خلطة إسفلتية بمواصفات قياسية علمية.
٢. تعيين نسبة البيتومين المثلى التي تجب إضافتها للخلطة الإسفلتية.
٣. الوصول إلى أقل قيمة في الفاقد في الثبات يطابق المواصفات.
٤. تعيين مقدار للانسياب يطابق المواصفات.
٥. تعيين مقدار الفراغات الهوائية والفراغات المملوءة بالبيتومين حسب المواصفات القياسية.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز مارشال الموضح في الشكل (8).
٢. حلقة قياس قوة الضغط بقدرة ٢٢٧٦ كجم.
٣. قوالب أسطوانية قطرها ١٠١,٦ مم وارتفاعها ٧٦,٢ مم.

٤. جهاز لإخراج العينة من القالب.

٥. مطرقة وزنها ٤,٥٣ كجم تسقط من ارتفاع ٤٥,٨ سم.

٦. قاعدة دمك خشبية.

٧. رأس الكسر.

٨. خلاطة ميكانيكية، فرن، وحمام مائي، أوعية وعلب، وأدوات مختلفة.

شكل (8): جهاز مارشال.

تحضير العينات:

لإجراء الاختبار نتبع الخطوات التالية:

١. يتم تجهيز كميات كافية من الركام تكفي لتحضير ٣ عينات (لكل نسبة من نسب البيتومين تمثل محاولة واحدة)، يكون وزن كل كمية في حدود ١٢٠٠ جرام.

٢. يجفف الركام في درجة حرارة من ١٠٥ إلى ١١٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة.

٣. يفصل الركام بعد تبريده على المناخل 1" , 3/4" , 1/2" 3/8" , NO4,NO8,NO50,NO200

٤. تحدد درجة الحرارة اللازمة لتسخين البيتومين للخلط بأنها التي تجعل لزوجة الإسفلت ١٧٠ ± ٢٠ سنتي ستوك (CST) أما الحرارة اللازمة للدمك فهي التي تكون فيها اللزوجة مقدارها ٢٨٠ ± ٣٠ سنتي ستوك (CST) (تتراوح مابين ١٦٠ و ١٦٥ درجة مئوية).

٥. يتم اختيار الوزن من كل مقاس من المقاسات المفصولة حسب نسبة هذا المقاس من الوزن الكلي بحيث يكون الوزن الكلي للركام للعينة الواحدة ما يقارب ١٢٠٠ جم ويعطي هذا الوزن بعد خلطه بالإسفلت ودمكه عينة ارتفاعها ٦٣,٥ ± ١,٢٧ مم وقطرها 101.6 مم. وتحضر ٣ عينات من هذا الوزن لكل نسبة بيتومين.

٦. تسخن عينات الركام في الفرن لدرجة حرارة لا تزيد عما حدد في الفقرة ٤ ثم توضع في الخلاطة وتخلط جيداً، ثم تحفر حفرة في الركام ويضاف الإسفلت الساخن بالكمية المحددة (٤٪، ٤,٥٪، ٥٪، ٥,٥٪، ٦٪)، وتخلط المكونات حتى تصبح جميع الحبيبات مغلفة بالإسفلت.

دمك العينات:

١. ينظف القالب ومطرقة الدمك ثم يسخنان في درجة حرارة ٩٠ – ١٥٠ درجة مئوية.
٢. توضع العينة في القالب وتدمك بالسكين ١٥ مرة حول محيط القالب و ١٠ مرات في القالب داخل الحلقة.
٣. ترفع الحلقة ويجعل سطح العينة على شكل كروي تم تعاد الحلقة ويوضع القالب على القاعدة الخشبية وتدمك العينة ٧٥ ضربة بالمطرقة
٤. يقلب القالب والعينة ويعاد الدمك بنفس عدد الضربات.
٥. يرفع القالب ويوضع على أرضية صلبة مستوية لمدة اربع ساعات على الاقل ثم توزن وتقاس أبعادها.

خطوات الاختبار:

١. تغمر العينات التي تم دمكها وبردت وتم اختبار كثافتها في حمام مائي لمدة (٣٠ – ٤٠) دقيقة عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية.
٢. تخرج العينة من الحمام ويجفف سطحها وتوضع في الجزء السفلي من رأس الكسر ويوضع الجزء العلوي فوق العينة ويوضع الجميع على جهاز الكسر. ثم يوضع جهاز قياس الانسياب على أحد القضيبين ويضبط على الصفر ويثبت جهاز القياس جيداً أثناء الاختبار.

٣. يشغل المحرك بسرعة ثابتة مقدارها ٥٠,٨ مم لكل دقيقة حتى يصل المؤشر إلى أقصى قراءة ويبدأ بالرجوع.

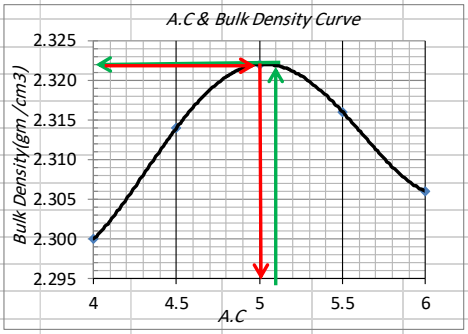
٤. يقاس الضغط وتحول القراءات إلى وحدات الضغط وتسجل قراءة الانسياب عندما يصل الحمل إلى الحد الأقصى ويبدأ بالرجوع (يجب ألا يستغرق الاختبار أكثر من ٣٠ ثانية من لحظة وضع العينة في رأس الكسر حتى النهاية) ويسجل الانسياب حسب العداد ٠,٠١ مم أو ٠,٢٥٤ مم.

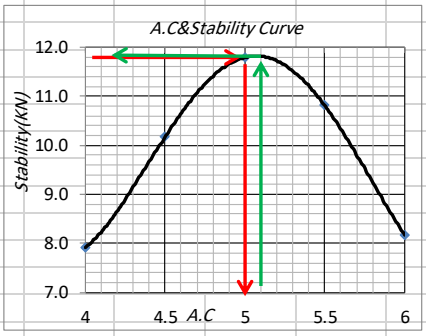
٥. بعد مضي ٢٤ ساعة يتم إخراج باقي العينات ويجفف سطحها ويجرى عليها الاختبار ويتم تسجيل قراءة المؤشر عند الانهيار ومنه يوجد الفاقد في الثبات.

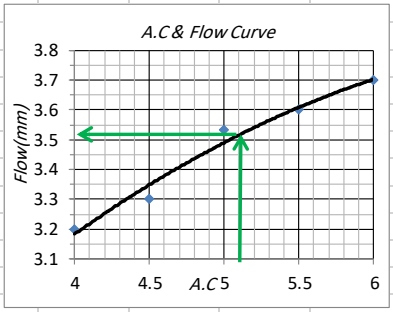
٦. تكرر هذه الخطوات لجميع العينات بنسب البيتومين المختلفة (٤٪، ٤,٥٪، ٥٪، ٥,٥٪، ٦٪) وذلك للحصول على أكبر قيمة لثبات الخلطة ومقدار الانسياب وكذلك الفراغات الهوائية والمملوءة بالبيتومين في حدود المواصفات القياسية.

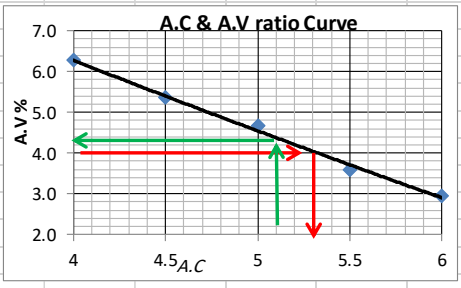
مثال يوضح العمليات الحسابية لنماذج مارشال عند نسب مختلفة من الاسفلت

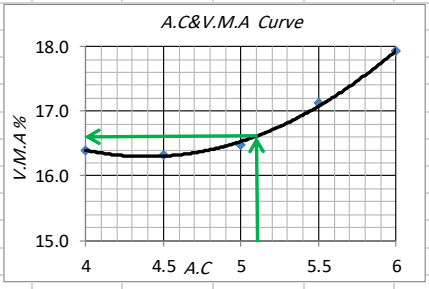
							fig. 1		fig. 3	fig. 4	fig. 5		fig. 7	fig. 6				fig. 2
No.	Bitumen P_b%	Compaction Temperature C^0	Wight of Marshall Briquettes in air(gm) A	Wight of Marshall Briquettes in Water(gm) B	S.S.D Wight of Marshall Briquettes(gm) C	**Volumeof Marshall Briquettes**(cm^3) V=C-B	**Marshall Briquette Specific Gravity**(gm/cm^3) G_{mb} = A/V	**Max.Theo. Specific Gravity**($gm/(cm^3)$ G_{mm}=100/((100-P_b)/G_{se})+(P_b/G_b))	**A.V%**=Gmm-G_{mb}/G_{mm} OR **A.V%**=100 x(1-**VMA**%*(100-P_b)/Gsb	**VMA**%=100-(G_{mb}*(100-P_b)/Gsb	**VFA**%=(VMA-A.V)/VMA×100	**Effective Asphalt Content** (P_{be}=P_b-(P_sXG$_b$)X{(G_{se}-G_{sb})/(G_{se}-G_{sb})}	**F/A** Ratio	**Flow**(mm)	Stability(Kg) S	Mold Correction Factor M.F	Marshall Device Factor D.F	Correction **Stability**(Kg) =S ×(M.F)× (D.F)
1	4	150	1219.2	693.7	1225.3	531.6	2.293	2.454	6.3	16.4	62	3.5	2.0	3.1	70	0.96	0.11	7.4
2		150	1220.3	691.9	1221.4	529.5	2.305							3.2	80	0.96		8.4
3		150	1219.7	692.8	1222.8	530.0	2.301							3.3	75	0.96		7.9
Average							*2.300*							*3.2*				*7.9*
1	4.5	150	1219.0	696.3	1223.6	527.3	2.312	2.445	5.4	16.3	67	4.0	1.8	3.3	91	0.96		9.6
2		150	1217.6	696.9	1221.9	525.0	2.319							3.2	100	0.96		10.6
3		150	1220.9	696.6	1224.8	528.2	2.311							3.4	98	0.96		10.3
Average							*2.314*							*3.3*				*10.2*
1	5.0	150	1225.2	700.6	1226.9	526.3	2.328	2.436	4.7	16.5	72	4.5	1.6	3.5	113	0.96		11.9
2		150	1227.0	698.9	1229.5	530.6	2.312							3.6	112	0.96		11.8
3		150	1223.8	699.8	1225.7	525.9	2.327							3.5	110	0.96		11.6
Average							*2.322*							*3.5*				*11.8*
1	5.5	150	1221.1	692.4	1222.4	530.0	2.304	2.402	3.6	17.1	79	5.0	1.4	3.6	102	0.96		10.8
2		150	1216.2	691.1	1218.1	527.0	2.308							3.7	100	0.96		10.6
3		150	1217.6	698.1	1219.2	521.1	2.337							3.5	101	1		11.1
Average							*2.316*							*3.6*				*10.8*
1	6	150	1221.2	692.4	1222.5	530.1	2.304	2.376	2.9	17.9	84	5.5	1.3	3.7	80	0.96		8.4
2		150	1225.3	693.9	1226.5	532.6	2.301							3.8	77	0.96		8.1
3		150	1221.8	693.8	1222.2	528.4	2.312							3.6	75	0.96		7.9
							2.306							*3.7*				*8.2*
Bulk specific gravity of Combined aggregate(G_{sb})							2.641											
Effective specific gravity of Combined aggregate(G_{se})							2.680									Tester		
Binder Specific Gravity							1.03									THAMER YOUSIF		

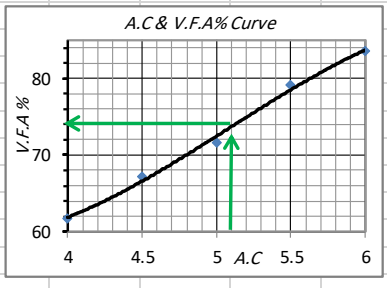












A.C =(5+5+5.3)/3 =5.1