الفصل الأول

١-١ المقدمة:-

تناولت البحث في إعداد دليل استرشادي لجميع تجارب الهندسة المدنية ليكون مرجعاً للمهندسين والعاملين والطلاب في جميع قطاعات الهندسة المدنية ومجالاتها المختلفة للإشراف ومراقبة تنفذ الأعمال من الناحية الفنية والإدارية والاسترشادية.

من المعروف أن مواد الإنشاء هي الكيان الرئيسي لأي عمل هندسي مثل المباني والجسور والطرق وغيرها...، لذلك فالمهندس مع اختلاف تخصصه والعمل الذي يقوم به لا بد له مع التعامل مع مواد البناء في جميع خطواته لإنشاء عمل هندسي والمحافظة عليه.

ويقصد بمواد البناء الذي تستخدم في الأعمال الهندسية مثل الأسمنت (Cement) والركام (Aggregate) والحديد (Iron) وماء الخلط (Mixing Water) والمضافات (Admixtures) وغيرها من الأحجار والطوب والجير والجبس ...الخ، لذلك يجب الفحص علي كل هذه المواد للتأكد من العمر الافتراضي ومقاومتها للزمن (Durability) ومقاومتها للزلازل والانفجارات، حيث اجهادات عالية في وقت قصير ومقاومتها ضد تأثير الماء وتحمل الاجهادات المختلفة (ضغط ، شد ، ربط ، قص) ونيات الحجم ومعامل الصدم للركام الناعم والخشن.

٢-١محتويات البحث:

يشتمل البحث علي خمس فصول نوجز فيما يلي نبذة عن أهم الملامح التي تحتوي عليها هذه الفصول:

- **الفصل الأول**: يشمل الفصل الأول علي مقدمة عامة عن البحث بما في ذلك أهميته.
- **الفصل الثاني**: يتناول الفصل الثاني مقدمة عن التربة وأهم خصائصها وكذلك التجارب المعملية والحقلية للتربة.
- **الفصل الثالث**: يتطرق الفصل الثالث علي مقدمة عن الخرسانة بما في ذلك خواص واختبارات مواد الخرسانة وكذلك خواص واختبارات الخرسانة الطازجة والمتصلدة.
- **الفصل الرابع**: يشمل الفصل الرابع علي مقدمة عامة عن الطرق وتعريفه وكذلك اختبارات التربة بما في ذلك اختبارات الركام وخواص واختبارات الإسفلت.
- **الفصل الخامس**: يحتوي الفصل الخامس علي الخلاصة والتوصيات.

٣-١ أهداف البحث:

تتمثل أهمية البحث في الأتي:

١- اكتساب المهارات المعملية التي من خلال التدريب علي طرق إجراء الاختبارات والتجارب المعملية.
٢- شرح التجارب المعملية والإلمام بها.
٣- التركيز علي خطوات اختبارات المواد للحصول علي النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم السلبي علي جودة المواد والأعمال المنفذة ومن ثم قبولها أو رفضها.
٤- تعيين الخواص الهندسية للمواد المراد تنفيذ أعمال هندسية فيها أو عليها وإدراك وتعميق المعرفة بخواص المواد وسلوكياتها.

٤-١مشكلة البحث:

تتمثل مشكلة البحث في عدم تفر المعلومات الأساسية لبعض التجارب والاختلاف من مرجع إلي أخر. كما إن الاختلاف في صيغ المعادلات التجارب، في بعض التجارب مصاغة باللغة العربية وبعض المراجع بالغة الانجليزية.

إن مشكلة المصطلح العربي في هذه البحث احدي نواقصه، وكذلك الابتعاد عن الترجمة الحرفية للمعلومات وطرق إجراء الفحوصات.

الفصل الثاني

اختبــارات التــربة

٢-١نبذة تاريخية لعلم ميكانيكا التربة:

التربة تعتبر من أقدم المواد الإنشائية التي عرفها الإنسان فلقد صنع منها الإنسان البدائي أدواته ومستلزماته سواء كانت في العمل أوفي الأكل أو في السكن. وحينها عرف الإنسان التربة علي أنها ماده تأسيس فكانت يختار التربة المناسبة لتحميل المبني الذي يريده ، ومن خمــس ألاف عام بني المصريون القدماء الأهرام واختاروا موقع البناء علي الأرض القوية وهي هضبة الأهرام وكذالك فعلوا في بناء معابدهم ومقابرهم . ورغم قدم التعامل مع التربة سواء كانت ماده إنشائية أو ماده تأسيس إلا أن التربة كعلم لم يظهر إلا في بداية القرن العشرين.

٢-٢تعريف علم ميكانيكا التربة:

ميكانيكا التربة soil of Mechanics : هو العلم الذي يبحث في خواص وسلوك وأداء التربة كماده إنشاء وتأسيس .

٢-٣تعريف التربة:

التربة soil ترجع تسميتها إلي كلمة لاتينيه قديمه هي Solum، والتربة هندسياً تعني فتات الصخور الناتجة عن عوامل التعرية والمواد العضوية الناتجة عن تحليل النبات والحيوانات والرطوبة ومما تحتوي من محاليل ومعلقات عضوية ومعدنية وكذلك الهواء المتواجدة داخل التربة . كما يشمل تعريف التربة سمك الطبقة المفتتة من قشرة الكرة الأرضية وهي بذلك خليط متعدد من ماده صلبة تحتوي علي سوائل وغازات ومكونات عضويه .

٢-٤التربة كمادة إنشائية:

تستخدم التربة كمادة ردم fill كما أنها تستخدم كمادة إنشائية في السدود الترابية، كما أنها تستخدم كمادة إنشائية في الطرق بأساساتها وجسورها. واختيار هذه التربة يعتمد علي طبيعة المنشأ والأحمال عليه.

٥-٢تجـــارب المحتـــوي المـــائي:

تعريف المحتوي المائي:

هي النسبة بين وزن الماء داخل الفراغات إلي وزن المواد الصلبة لعينه التربة ، يعتبر حساب المحتوي المائي من التجارب الروتينية التي تقوم علي حساب كميه الماء الموجودة في التربة و المحسوبة علي أساس الوزن الجاف لتلك التربة .

تجربة(١)

اختبار المحتوي المائي Water Content Test

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377

- ASTM D-2216.

الأدوات المستخدمة في التجربة:

١- ميزان لا تقل درجه دقته عن 0,01 gm.
٢- فرن تجفيف بدرجه حرارة (110ْc ± 5˚c)ْ.
٣- علب صفيح أو ألمونيوم.
٤- ملقاط واق للحرارة.

طريقة العمل :

١- وزن علبه الصفيح أو الألمونيوم بعد التأكد من نظافتها وخلوها من الرطوبة والتأكد من علامة التصنيف عليها، وليكن (W_1).
٢- وضع عينة التربة الرطبة في العلبة و من ثم يوجد وزن التربة والعلبة معا، وليكن (W_2).
٣- وضع عينة التربة بعد وزنها في فرن التجفيف وعند درجه حرارة تتراوح بين (١٠٥ ˚c- ١١٠ ˚c) ولمدة لا تقل عن ١٢ ساعة من الأفضل أن تكون بعد ٢٤ ساعة .
٤- استخراج العلبة من الفرن باستخدام الملقاط، ومن ثم يوجد وزن العينة مع العلبة بعد التأكد من جفافها، ويفضل أن يكون علي نفس الميزان، وليكن (W_3).

العمليات الحسابية:

يحسب المحتوي المائي بإيجاد النسبة بين وزن الماء الموجود في العينة (W_w) ووزن المواد الصلبة للعينة (W_s)وذلك من العلاقة :

$$w(\%) = \frac{w_w}{w_s} \times 100$$

وبمعرفه الأوزان التي تم تحديدها من التجربة , فان المحتوي المائي يمكن تحديده كما يلي :

$$W(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

النتائج :

جدول رقم (١-٢) يوضح: تحديد المحتوي المائي

رقم الوعاء	١	٢	٣
وزن العلبة + التربة الرطبة (جم)			
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)			
وزن الوعاء			
وزن التربة الجافة(جم)			
وزن التربة الرطبة (جم)			
المحتوي المائي (%)			

ملاحظات:

١- تجري تجربة محتوى الرطوبة في العادة على ثلاث عينات من نفس النوع لأخذ القيمة المتوسطة للرطوبة وبحيث لا تزيد نسبة التفاوت بين أي نتيجتين عن واحد بالمائة.
٢- يمكن تقليل فترة التجفيف المحددة بـ (٢٤) ساعة، وتعتبر فترة التجفيف منتهية إذا ثبت وزن العينة داخل الفرن وتوقف النقص في هذا الوزن. ويتم التأكد من هذا بإخراج العينة من الفرن و ووزنها ثم إعادتها للفرن عدّة مرات حتى يثبت الوزن.
٣- هناك أنواع من التربة قابلة لحدوث تغير في تركيبها عند تجفيفها على درجة الحرارة (١٠٥-١١٠) درجة مئوية، ومثال ذلك التربة العضوية والتربة التي تحتوي الجبس. في مثل هذه الحالة ينبغي خفض حرارة الفرن وإطالة فترة التجفيف.

تجربة رقم(٢)
محتوى الرطوبة في التربة بطريقة الحوض الرملي

(Sand – Bath Method)

الغرض من التجربة :

تحديد المحتوي المائي الرطوبي في التربة والذي يساوي النسبة المؤوية لوزن الماء في حجم من التربة إلي وزن التربة الجافة في هذا الحجم .

المراجع القياسية (Standard reference):

- BS 1377.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- علب معدنية محكمة الغطاء للتربة الناعمة، وأوعية مقاومة للحرارة للتربة الحصوية الخشنة.
٢- ميزان دقيق.
٣- حوض يحتوي رمل نظيف لعمق لا يقل عن ٢٥ملمتراً.
٤- أداة مناسبة لتسخين حوض الرمل (سخان كهربائي أو عين بوتوجاز).
٥- سكين وأدوات أخرى.

الطريقة (Procedure):

١- يُؤخذ وزن العلبة المعدنية أو الوعاء بعد تنظيفه وتجفيفه جيداً، وليكن الوزن (m_1).

٢- تُؤخذ العينة وتوضع في العلبة أو الوعاء ويُؤخذ وزنها، وليكن الوزن (m_2).
٣- يجري تجفيف العينة بوضع العلبة أو الوعاء على الرمل الساخن مع تقليب العينة باستمرار بواسطة السكين الخاص (Spatula) للمساعدة علي تبخر الماء.
٤- يستمر التسخين حتى ثبات وزن العينة وهو ما يمكن التأكد منه بوزنها أثناء التسخين. يُؤخذ الوزن بعد ثباته، وليكن الوزن (m_3).

الحسابات: (Calculations):

يتم حساب محتوى الرطوبة للتربة بالمعادلة التالية :

$$W(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} \times 100$$

ملاحظات(Notes):

١. تعتبر هذه الطريقة بديلاً سريعاً للطريقة الواردة في التجربة السابقة بطريقة التجفيف بالفرن ويُلجأ إليها حين لا يكون فرن التجفيف متوفراً، وهي مناسبة للاستعمال في الموقع. ويمكن اللجوء إلى هذه الطريقة في المختبر لتحديد محتوى الرطوبة في التربة الحصوية.
٢. يجب عدم زيادة الحرارة أو التسخين الزائد للرمل، وهو ما يمكن مراقبته بوضع أوراق بيضاء بين التربة، حيث يصبح لونها بنياً عندما تزداد درجة حرارة التسخين.
٣. لا تستعمل هذه الطريقة لتحديد رطوبة التربة التي تحتوي على الجبس و الكلس.

٦-٢قوام التربة (حدود أتربرج) (Atterberg Limits):

يسهل تغيير الحالة التي يوجد فيها الطين أو التربة الطينية، وذلك بتغيير محتوى الرطوبة. فزيادة قليل من الماء إلى عينة من الطين تزيد رخاوتها، وهو أمر يسهل تصوره على كل من تعامل مع التربة بشكل أو بآخر.

ويفيد تحديد هذه الحدود مع معرفة محتوى الرطوبة للتربة في تحديد خصائصها أكثر، حيث يمكن من خلالها إيجاد دليل السيولة (LI) ، وكذلك ما يسمى بدليل القوام (I c).

تجربه(١)

حد السيولة للتربة بطريقة كازاجراند

(Liquid Limit Determination Using Casagrande Method)

تعريف حد السيولة :

يعرف حد السيولة بأنه المحتوي المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة السائلة إلي الحالة اللدنة والتربة التي لها حد سيوله عالية تدل علي احتوائها علي كميات طين عاليه وبالتالي تكون قوة تحملها للقص ضئيلة وتتصرف كما أو إنها سائل زجاجي .

وعملياً فان حد السيولة هو المحتوي المائي التي تقل عنده العلامة المحدودة علي جهاز كازاجراند Casagrande بعد 25 ضربه.

المراجع القياسية (Standard references):

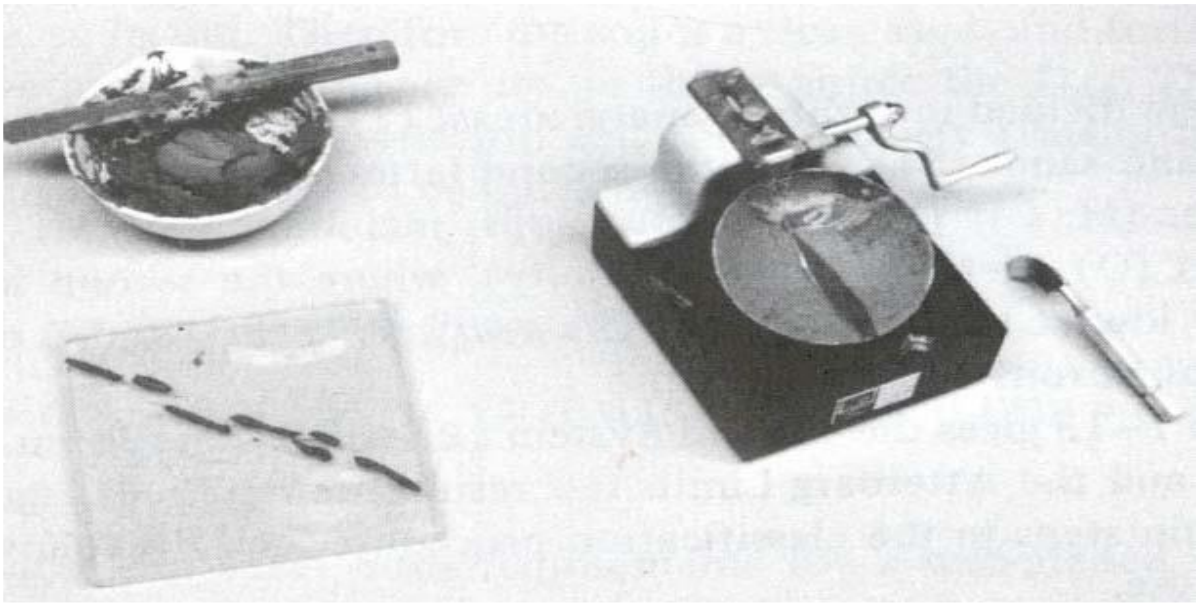
- BS 1377
- ASTM D- 423
- ASSHTO T-89

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- جهاز كازاجراند Casagrande مع أداة المقطع التابعة له .
٢- ميزان لا تق درجة دقته عن 0.01 gm
٣- فرن تجفيف بدرجة حرارة (110ْ c ± 5c)ْ
٤- علبة صفيح أو ألمنيوم
٥- ملقاط أو أداة واقع للحرارة
٦- منخل رقم (40)

٧- ماء مقطر .

٨- سكينة خلط .



شكل رقم (١-٢)يوضح: جهاز كازجراند – أداء التحزيز

الطريقة (Procedure):

١- تأكد من معايرة جهاز كازجراند وتصحيحه إذا لذم ذالك بحيث تكون مسافة سقوط الجهاز 1cm.

٢- وزن أربع علب بعد معرفة تصنيفها لتحديد المحتوي المائي .

٣- اخذ حوالي gm(100ـــ 150) من التربة بعد مرورها من منخل رقم (40) و خلطها مع الماء المقطر حتى تشكل عجينة ذات قوام منتظم .

٤- وضع جزء من التربة في الوعاء الخاص بجهاز كازجراند ويعمل تنعيم لسطحها بحيث تكون علي نص البوصة ثم رسم بأداء القطع مجري محوري علي طول العينة علي أن تكون القع عموديا علي الوعاء والبدء بتشغيل جهاز كازجراند بعمل دورتين في الثانية, ويحسب عدد الضربات اللازمة لإقفال المجرة بمسافة نصف بوصة أسفل الوعاء, واخذ جزء م عينة التربة من قرب المجري وحدد وزنها وضعها في الفرن لتحديد محتواها المائي

٥- أعادة خلط عينة التربة في الوعاء وبمحتوي مائي مختلف , وتكرار خطوات التجربة من (4 ــ 6) مرات , حيث يتم تحديد المحتوي المائي لأربعة عينات تربه وبعدد ضربات يتراوح بين العشرة والأربعين , ويفضل أن تبدءا بتربة جافة ويتم زيادة الماء عليه في كل مرة .

٦- رسم العلاقات بين المحتوي المائي ولوغرثيوم عدد الضربات , وبمتوسط أربعة نقاط , وبالتالي حد السيولة هو المحتوي المائي المناظر لعدد 25 ضربة.

العمليات الحسابية :

يحسب المحتوي المائي في كل مرة بإيجاد النسبة بين وزن الماء الموجود في العينة ووزن المواد الصلبة وذالك من العلاقة :

$$W(\%) = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} X100$$

حيث : m_1: وزن الوعاء فارغة.

m_2: وزن الوعاء + وزن التربة الرطبة.

m_3: وزن الوعاء + وزن التربة الجافة.

يتم عمل الاختبارات في الموقع :

المشروع:..... رقم العملية :.....

موقع المشروع :..... رقم الجلسة :..... رقم العينة :.....

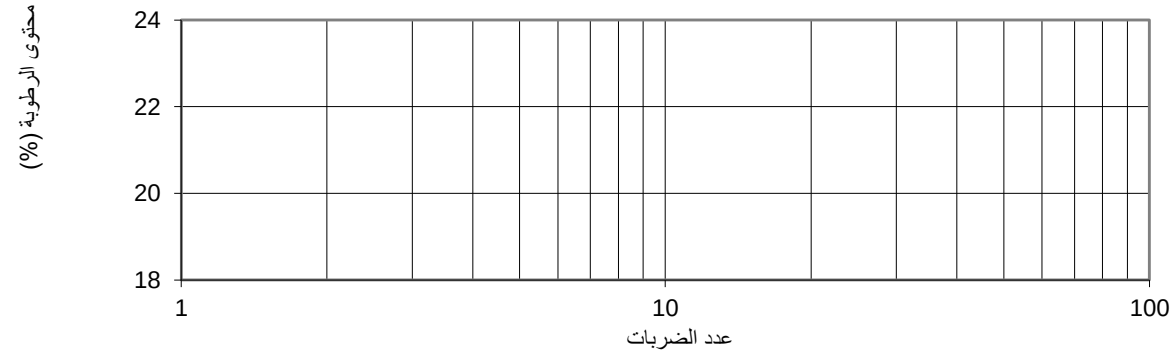
وصف التربة :..... ....

عمق العينة :..... اسم الفاحص:..... التاريخ:.....

النتائج:

جـــدول رقم (٢-٢) توضح: تحـــديد حـــد السيـــولـة

رقم الوعاء				
وزن الوعاء + التربة الرطبة (جم)				
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)				
وزن الوعاء				
وزن التربة الجافة (جم)				
وزن التربة الرطبة (جم)				
المحتوي المائي (%)				
عدد الضربات (N)				



العلاقة بين المحتوي المائي ولوغرثم عدد الضربات وبمتوسط أربع نقاط

تجربة (٢)

حد السيولة للتربة بطريقة الاختراق

(Liquid Limit Determination Using Cone Penetrometer)

المراجع القياسية (Standard reference) :

- BS 1377.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- لوح زجاجي (Glass plate).
٢- سكاكين خاصة (Palette knives).
٣- جهاز الاختراق
٤- أدوات تحديد محتوى الرطوبة.
٥- ماء مقطر (Distilled water).
٦- وعاء (حافظة) (Desiccators).
٧- منخل رقم ٤٠ (٤٢٥ ميكرون).

الطريقة(Procedure):

١- يتم تحضير عينة التربة المراد فحصها كما في التجربة السابقة باستعمال جهاز كازاجراند، حيث يتم خلط معجون سميك من التربة المارة عبر المنخل رقم (٤٠) ويوضع المعجون بعد خلطه جيداً في الحافظة لمدة ٢٤ ساعة للحصول على معجون متجانس.

٢- بعد مرور الفترة المذكورة، يؤخذ المعجون ويخلط مرة أخرى لمدة ١٠ دقائق على لوح زجاجي بواسطة سكين عريض النصل.

٣- يوضع المعجون في الوعاء الأسطواني (العلبة) بواسطة السكين ويسوّى سطح العينة في الوعاء أفقياً مع حافة العلبة.

٤- توضع العلبة في مكانها على قاعدة الجهاز ويتم إنزال الجزء المخروطي في الجهاز ليلامس سطح العينة، ويتم تسجيل قراءة العداد.

٥- يحرر الجزء المخروطي لتتم عملية اختراقه الحرة للتربة، وتؤخذ قراءة العداد بعد مرور حوالي ٥ ثوان من بدء الاختراق، ويكون الفرق بين هذه القراءة والقراءة الأولى قبل الاختراق هو قيمة الاختراق.

٦- يسحب المخروط بعد ذلك وينظف رأسه جيداً.

٧- يضاف مقدار من المعجون إلى الوعاء الأسطواني، وتعاد التجربة مرة أخرى. إذا كان الفرق بين قيمتي الاختراق في المحاولتين أقل من (٠,٥) مليمتر، تؤخذ القيمة المتوسطة للاختراق، وإذا كان هذا الفرق بين (١,٠-٠,٥) مليمتر، تعاد المحاولة للمرة الثالثة على أن لا يزيد الفرق بين قيم الاختراق عن ١,٠ مليمتر، وتؤخذ القيمة المتوسطة.

٨- تؤخذ عينة من التربة (حوالي ١٠غرام) ويتم تحديد محتوى رطوبتها فوراً.

٩- تعاد التجربة ٤ مرات على الأقل بحيث يختلف محتوى رطوبة التربة في كل مرة.

١٠- يتم رسم منحنى العلاقة بين قيمة الاختراق ومحتوى رطوبة التربة. ويؤخذ محتوى الرطوبة الذي حصل عنده اختراق مقداره ٢٠ مليمتراً كحد سيولة لهذه التربة.

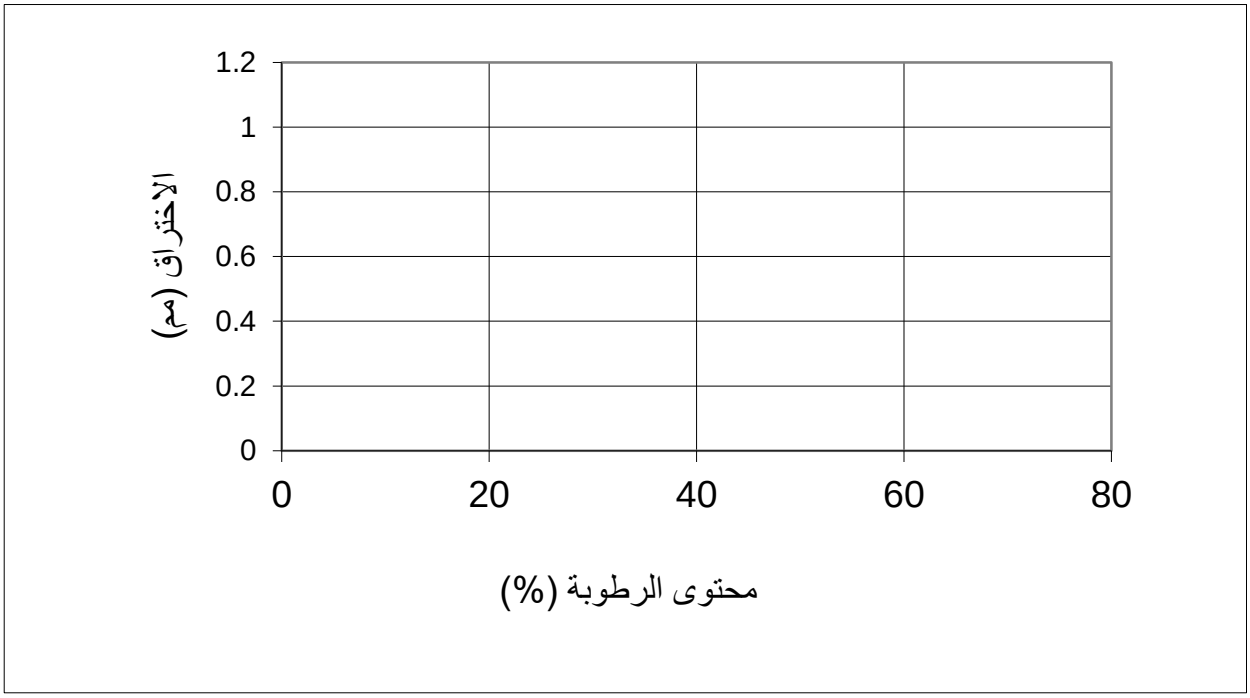
ملاحظات(Notes):

١- إن ترك معجون التربة لمدة ٢٤ ساعة بعد خلطه داخل الحافظة يصبح غير ضروري عندما تكون نسبة الطين في العينة قليلة. و عندها يمكن التجربة بعد خلط التربة بالماء مباشرة.

٢- طريقة إيجاد حد السيولة للتربة بواسطة جهاز الاختراق شائعة أكثر في الممارسة البريطانية وتعتبرها المواصفات البريطانية (BS 1377) أفضل من طريقة كازاجراند لأنها تلاءم مختلف أشكال التربة، بينما لا تلاءم طريقة كازاجراند إيجاد حد السيولة للتربة التي تحتوي نسبة قليلة من الطين.

جدول رقم (٣-٢) يوضح: حساب حد السيولة بطريقة الاختراق

رقم التجربة	القراءة الأولى	القراءة الثانية	الفرق = الاختراق	قيمة الاختراق (مليمتر)	محتوى الرطوبة (%)
١. ٢.					
٣. ٤.					



منحنى العلاقة بين قيمة الاختراق ومحتوى رطوبة التربة

تجربة (٣)

حد السيولة للتربة بطريقة جهاز فاسيليف للاختراق

(Liquid Limit Determination Using Vasilyev Balance Cone)

المراجع القياسية (Standard references):

- GOST, 5183 (Russian Standard)

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- لوح زجاجي (Glass plate).
٢- سكاكين خاصة (Palette knives).
٣- مخروط اتزان (Balance cone) وزنه ٧٦ غراماً.
٤- وعاء أسطواني (علبة) قطره لا يقل عن ٤٠ مليمتراً.
٥- قاعدة ارتكاز معدنية أو خشبية.
٦- أدوات تحديد محتوى الرطوبة.
٧- ماء مقطر (Distilled water).
٨- وعاء(حافظة) (Desiccators).
٩- منخل رقم ٤٠ (٤٢٥ ميكرون).

الطريقة (Procedure):

١- يتم تحضير العينة كما في التجربتين السابقتين، حيث تخلط التربة المارة عبر المنخل رقم ٤٠ (٤٢٥ ميكرون) بالماء المقطر للحصول على معجون سميك يتم وضعه لمدة ٢٤ساعة في الحافظة.
٢- بعد مرور الفترة المذكورة، يؤخذ المعجون من الحافظة ويخلط ثانية لمدة ١٠ دقائق على لوح زجاجي بواسطة سكين خاص.
٣- يوضع المعجون في الوعاء الأسطواني (العلبة) بواسطة السكين ويسوى سطح العينة أفقياً مع حافة الوعاء.
٤- يمسك مخروط الاتزان بحذر مع مقبضه ليكون الرأس المخروطي المدبب ملامساً لسطح التربة.
٥- يترك المخروط ليقوم باختراق التربة داخل الوعاء تحت تأثير وزنه الذاتي.

٦- إذا تمت عملية الاختراق حتى العلامة المبينة على المخروط (على بعد ١٠ مليمتر عن الرأس المدبب) خلال خمس ثوان، تكون التربة قد بلغت حد السيولة، وتكون قيمة حد السيولة مساوية لمحتوى الرطوبة للعينة عند الاختراق.

٧- إذا جرى الاختراق إلى العلامة المذكورة بشكل سريع (أقل من ٥ ثوان)، فهذا يعني أن التربة قد تجاوزت حد سيولتها، عندها تضاف كمية قليلة من التربة (المارة من منخل رقم ٤٠) للمعجون، ويعاد خلطه جيداً ثم تكرر التجربة. وإذا حصل العكس، أي أن الاختراق لم يحصل خلال الفترة المحددة إلى العلامة (١٠ مليمترات)، فيلزم زيادة قليل من الماء وإعادة الخلط وتكرار التجربة.

وهكذا، بطريقة التجربة والخطأ، يتم الوصول إلى حد السيولة للتربة، وهو الحد الذي يحصل عنده اختراق للتربة مقداره ١٠ مليمترات خلال ٥ ثوان.

تجربة (٤)

حد اللدونة للتربة (Plastic Limit Determination)

تعريف حد اللدونة:

يعرف حد اللدونة بأنه المحتوي المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة اللدنة إلي الحالة شبه الصلبة.

وإذا وقع المحتوي المائي للتربة بين حد اللدونة والمحتوي المائي الطبيعي لها فان التربة تكون لدنة.

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377
- ASTM D-424.
- AASHTO T-90.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- لوح زجاجي أو بلاستيك .

٢- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.01gm

٣- فرن تجفيف بدرجة حرارة (110ْc ± 5c)ْ

٤- علبة صفيح أو المونيوم

٥- ملقاط أو أداة واقية للحرارة

٦- منخل رقم (40)

٧- ماء مقطر

٨- سكينة خلط

الطريقة (Procedure):

١- خلط حوالي (١٥) جرام من التربة بعد مرورها من منخل رقم (٤٠) وخلطها مع المقطر حتى تشكل عينة ذات قوام منتظم.

٢- شكل عينة التربة علي خيط أبداء في دحرجتها باليد علي اللوح الزجاجي أو البلاستيكي حتى يصبح قطرها حوالي (٨\١) بوصه بالتقريب ٣مم دون أن ينقطع .

٣- اخذ جزء من عينة التربة المدحرجة وحدد وزنها وضعها في الفرن لتحديد محتواها المائي.

٤- تكرار الخطوتين (٢و٣) وبمحتويات ماء مختلف.

العمليات الحسابية: يتم عمل التجربة ثلاث مرات ويأخذ المتوسط لتحديد حد اللدونة :

$$pl = \frac{pl_1 + pl_2 + pl_3}{3}$$

معمليا تعد التربة عديمة اللدونة عندما يكون حد اللدونة اكبر من أو مساويا للحد السيولة أو عندما يصعب تحديد حد السيولة و اللدونة .

يتم عمل الاختبارات في الموقع :

المشروع:..... رقم العملية :.....

موقع المشروع :..... رقم الجلسة :..... رقم العينة :.....

وصف التربة :..... ....

عمق العينة : ..... اسم الفاحص:..... التاريخ:.....

جدول رقم (٤-٢) يوضح: حساب حد اللدونة

رقم الوعاء	1	٢	٣
وزن الوعاء + التربة الرطبة (جم)			
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)			
وزن الوعاء (جم)			
وزن التربة الجافة (جم)			
وزن التربة الرطبة (جم)			
المحتوي المائي (%) PL			

المواصفات القياسية:

تكون التربة عديمة اللدونة في الحالات التالية:

١- إذا تساوي حد اللدونة وحد السيولة.
٢- إذا كانت التربة تحتوي علي كمية من الرمل.
٣- إذا تعزر تشكيل خيط التربة وتقطعه دائماً قبل الوصول إلي قطر ٣ ملم.

التجربة (٥)

حد الانكماش Shrinkage Limit

تعريف حد الانكماش:

يعرف حد الانكماش بأنه المحتوي الذي تتحول عنده التربة من الحالة الشبه الصلبة إلي الحالة الصلبة . أو هو المحتوي المائي الناتج بعد إضافة اقل كمية من الماء لملئ فراغات التربة الجافة. فكلما كان حد الانكماش كلما اثر ذلك علي التغيرات الحجمية للتربة.

يوجد نوعين من الانكماش:

١- الانكماش الخطي
٢- الانكماش الحجمي

١-الانكماش الخطي Linear Shrinkage

الأدوات:

١. وعاء من البورسلان خاص للتجربة الانكماش
٢. لوح زجاجي بثلاث نتوءات
٣. صحن
٤. زئبق
٥. ميزان

طريقة العمل:

١- نقوم بخلط الماء مع التربة إلى أن يتعدى حالة (Liquid Limit) وتصبح متجانسة.

٢- نقوم بقياس طول القالب وهو يمثل طول العجينة الرطبة(Li).
٣- نقوم بوضع العجينة في القالب بعد دهنه بالزيت ، مع ملاحظة أن نحرص علي خروج جميع الفقاعات من العينة قدر الإمكان.
٤- نقوم بوضع العينة لمدة (١ – ٢) ساعة تقريبا في الهواء الطلق حتى لا تتشقق ثم نقوم بوضعها في الفرن لمدة ٢٤ ساعة.
٥- نقوم بقياس الطول النهائي للعجينة بعد إخراجها من الفرن ويكون(Lf).

الحسابات:

$$\text{linear sh} = \frac{\text{Li - Lf}}{Li}$$

حيث:

Li: هي الطول الأولي للعينة

Lf: هي الطول النهائي

٢- الانكماش الحجمي

طريقة العمل:

١- نزن القالب الدائري فارغا و ليكن وزنه (w_1)
٢- نملأ القالب الدائري بالزئبق ، ولكي نتأكد من أن الزئبق الموضوع له نفس الحجم نقوم بوضع قطعة الزجاج ونضغط على حواف القالب فيخرج الزائد من الزئبق و ليكن وزن القالب و الزئبق (w_2).
٣- نزن الزئبق ومن خلال معرفة كثافته (13.6) نعرف حجمه، وهو يساوي حجم العينة الرطبة .
٤- نضع العينة الرطبة في القالب بعد دهنه بالزيت و نأخذ وزنهما و لبكن وزنها (w_3), ثم نضعها في الهواء لمدة ساعة أو ساعتين تقريبا, ثم نضعه في الفرن لمدة 24 ساعة.
٥- نزن العينة مع الوعاء بعد إخراجها من الفرن و ليكن وزنها.(w_4) .
٦- نملأ الوعاء كامل بالزئبق وباستخدام قطعة الزجاج نسوى سطحه لضمان تساوي حجمه مع حجم الوعاء.
٧- ثم نضعه في وعاء آخر أكبر منه (صينية) ونضع العينة على سطحه تبقى العينة عائمة على سطح الزئبق بسبب كثافته العالية, باستخدام قطعة الزجاج ذات الثلاثة أرجل نضغط العينة الجافة إلى

داخل الزئبق بحيث تكون الأرجل على العينة لضمان انغمارها كاملة داخل الزئبق؛ نجمع الزئبق المزاح ونزنه وليكن وزنه (w_5).

بمعرفة كثافته نعرف حجمه وبحسب قاعدة أرخميدس يكون حجم العينة الجافة مساويا لحجم الزئبق المزاح.

الحسابات:

أولاً: نقوم بحساب المحتوى المائي:

$$Wc\% = \frac{w_3 - w_4}{W_4 - w_1} \times 100$$

ثانياً: نقوم بحساب الانكماش الحجمي:

$$\text{Volumetric shrinkage limit} = \frac{w_c - (w_2 - w_5) \times \gamma_w}{13.6(w_4 - w_1)} \times 100\%$$

ثالثاً: نقوم بحساب التغير في المحتوى المائي قبل حدوث الانكماش:

$$\frac{(V_i - V_f)}{\text{weight of dry soil}} = \frac{(w_2 - w_5) \times \gamma_w}{13.6(w_4 - w_1)} \times \%100$$

٦-٢الوزن النوعي للتربة (Specific Gravity of Soil)

جرى تعريف الوزن النوعي للتربة (الحبيبات الصلبة) بأنه النسبة بين كتلة الحبيبات الصلبة إلى وزن كمية من الماء تشغل نفس الحجم. ولا يشكل إيجاد الوزن النوعي للتربة أدنى صعوبة لو كانت تتكون من حبيبات متشابهة متجانسة، كالرمل النقي الذي يتكون من حبيبات الكوارتز مثلاً، ولكن التربة تتكون في الواقع من عدة أشكال من الحبيبات المعدنية (Mineral particles)، لكل منها وزنها النوعي، ومن هنا، فإن الذي تهدف إليه تجربة إيجاد الوزن النوعي للتربة، هو الوزن النوعي لهذا الخليط من الحبيبات ككل لا يتجزأ.

وأما الفائدة العملية لمعرفة الوزن النوعي لحبيبات التربة، فتكمن في استعمال قيمته في حساب نسبة الفراغات في التربة (Voids ratio) والمسامية (Porosity) ودرجة التشبع بالماء (Degree of saturation)، وكذلك في حسابات تجربة التدرج الحبيبي للتربة بالهيدروميتر.

وتتراوح القيمة العددية للوزن النوعي للتربة المتماسكة (غير العضوية) بين (٢,٦٨-٢,٧٢)، وتبلغ حوالي (٢,٦٧) للتربة الرملية غير المتماسكة.

تجربة الوزن النوعي للتربة باستعمال الدورق المدرج (البكنوميتر)

(Specific Gravity Determination Using the Pycnometer)

الغرض من التجربة:

تعيين الوزن النوعي لحبيبات التربة الذي يعرف بأنه النسبة بين حجم كمية معينة من حبيبات التربة الجافة إلي نفس الحجم من الماء المقطر حرارته 20 درجة مؤوية, وتتراوح قيمة الوزن النوعي لحبيبات التربة بين (2,00 ـــ 2,9).

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377, Test No. 6.
- ASTM D-854.
- AASHTO T-100.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- دوارق مدرجة عدد (٢) سعة ١٠٠ سنتمتر مكعب.

٢- فرن تجفيف (Dry oven).

٣- وعاء مع مدقة لسحق التربة (Mortar and pestle).
٤- منخل رقم ١٠ (قياس فتحاته ٢ ملمتر).
٥- حوض رملي ساخن (Sand - bath) أو حوض ماء ساخن.
٦- ميزان حرارة (Thermometer).
٧- ماء مقطر (Distilled water).

الطريقة (Procedure):

١- يتم تجفيف التربة في الهواء ثم سحقها في الوعاء بالمدقة.
٢- تُؤخذ كمية من التربة بعد سحقها ويتم تمريرها عبر المنخل رقم (١٠).
٣- تُؤخذ عينة من الجزء المار من المنخل وزنها حوالي ١٥ غراماً (١٥ غراماً لكل ١٠٠سم٣ من حجم الدورق).
٤- يوزن الدورق فارغاً وليكن وزنه (m_1).
٥- توضع العينة داخل الدورق بعناية، ويوزن الدورق مع العينة وليكن هذا الوزن (m_2) (وزن العينة = m_1-m_2).
٦- يملأ الدورق إلى منتصفه بالماء المقطر ويُرج قليلاً ثم يوضع في الحوض الرملي الساخن ليغلي، وذلك لإبعاد فقاعات الهواء وفصل المكونات. ويكون الغلي للتربة الرملية لمدة ثلاثين دقيقة وللطينية ساعة واحدة، مع مراعاة خفض حرارة التسخين عندما تتكون رغوة داخل الدورق.
٧- بعد الغلي يترك الدورق ومحتوياته لتبرد قليلاً.
٨- يملأ الدورق بالماء المقطر حتى العلامة التي تدل على سعته ويترك ليبرد إلى درجة حرارة الغرفة.
٩- يجفف سطح الدورق الخارجي وكذلك عنق الدورق من الداخل، ويراعى أن لا تكون هناك حبيبات من التربة عالقة في العنق فوق مستوى المحلول.
١٠- يوزن الدورق ومحتوياته وليكن الوزن (m_3).
١١- يفرغ الدورق من جميع محتوياته ويغسل جيداً بالماء ثم يملأ بالماء المقطر حتى العلامة التي تدل على سعته، ويوزن بعد تجفيفه من الخارج وداخل العنق، وليكن وزنه (m_4).

الحسابات (Calculation):

يحسب الوزن النوعي للتربة (الحبيبات الصلبة) بالمعادلة التالية:

$$G_s = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 + m_2) - (m_3 + m_1)}$$

ملاحظات (Notes):

١- إذا كانت التربة تحتوي على أملاح ذائبة في الماء، فإن استعمال الماء في إيجاد الوزن النوعي يعطي نتائج مخفضة للوزن النوعي بسبب ذوبان هذه الأملاح أثناء التجربة. في هذه الحالة يمكن استعمال سوائل أخرى مثل الكيروسين (الكاز) أو البنزين.

٢- هناك طرق أخرى لتحديد الوزن النوعي لحبيبات التربة مثل استخدام أنبوب أسطواني مدرج سعة ١٠٠٠مللتر (BS1377) أو بكنوميتر أسطواني خاص. ولكن الطرق كلها تتشابه من حيث المبدأ، مع بقاء استخدام الدورق المدرج الأكثر شيوعاً في الممارسة.

٣- يتم إجراء التجربة مرتين (في دورقين منفصلين) وتكون النتائج مقبولة إذا لم يزد الفرق بين القيمتين عن (٠,٠٢)، أي : ٠,٠٢ × القيمة الأكبر + القيمة الأقل > القيمة الأكبر.

النتائج:

جدول رقم (٥-٢) يوضح: تحديد الوزن النوعي للتربة

رقم المحـــاولـــة	١	٢
وزن الدورق + التربة + الماء (m_3) غم		
وزن الدورق + التربة (m_2) غم		
وزن الدورق مملوءاً بالماء فقط (m_4) غم		
وزن الدورق (m_1) غم		
وزن الماء المستعمل ($m_3 - m_2$) غم		
وزن التربة المستعملة ($m_2 - m_1$) غم		
حجم التربة ($m_4 - m_1$)-($m_3 - m_2$) غم		
$G_s = \frac{m_2 - m_1}{(m_4 + m_2) - (m_3 + m_1)}$		

٧-٢التدرج الحبيبي للتربة (Particle size distribution of soil):

تتكون التربة من حبيبات ذات أحجام وقياسات مختلفة، تتراوح بين الأحجار التي تزيد أبعادها عن (٢٠) سنتمتراً، والمواد الطينية الناعمة، التي يكون قطر حبيباتها أقل من (٠,٠٠٢) مليمتر.

المقصود بالتدرج الحبيبي للتربة:

هو فرز الحبيبات ذات المقاسات المتشابهة في العينة وإيجاد نسبة كل منها إلى الوزن الكلي للعينة, ويجري التعبير عادة عن النسبة المئوية للمواد الأكثر نعومة من قياس معين (Percentage finer)، أو نسبة المواد التي تمر من منخل معين.

التجربة (1)

التدرج الحبيبي للتربةSieve Analysis Test

تتمثل فكرة هذا الاختبار في فصل حبيبات التربة التي تزيد أقطارها عن(0.07 mm) بواسطة مجموعة من المناخل القياسية التي تحمل أرقاما تتراوح غالبا بين(200 - 4) حسب المواصفات الأمريكية, وتنتهي بصينيةpan.

وهذا المناخل ذات فتحات ثابتة يتم ترتيبها من الأكبر إلي الأصغر حسب قطر الفتحات.

المراجع القياسية:

- BS 1377
- ASTM D-421, D-422
- AASHTO T-88.

الأدوات المستخدمة:

١- مجموعة من المناخل القياسية
٢- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.1gm
٣- فرن تجفيف بدرجة حرارة (110ْc ± 5˚c)ْ
٤- فرشة تنظيف المناخل
٥- محقنة

طريقة العمل :

١- زن جميع المناخل المستخدمة بعد التأكد من نظافتها.
٢- رتب المناخل من اعلي إلي الأسفل تبعا لأقطار فتحاتها.
٣- زن حوالي 500gm كعينة من التربة الممثلة بحيث تكون جافة وأحجام حبيباتها تتناسب مع فتحات المناخل المختارة.
٤- ضع التربة علي المناخل وإبداء بهزها باليد لمدة نصف ساعة, أو باستخدام الهزاز الميكانيكي لمدة عشرة دقائق , ويمكن استخدام الفرشة لإزالة الحبيبات العالقة في المناخل .
٥- زن كل منخل مع التربة المتبقية عليه.
٦- اطرح أوزان المناخل المحددة في الخطوة (١) من الأوزان المحددة في الخطوة (٥) لمعرفة وزن التربة المتبقية علي كل منخل.

العمليات الحسابية:

نسبة المتبقي علي كل منخل = (وزن التربة المتبقية علي كل منخل ÷ الوزن الإجمالي)X100 .

النسبة التراكمية المتبقية علي كل منخل =

مجموعة النسب المتبقية علي المناخل التي تسبق ذالك المنخل .

نسبة التربة المارة من كل منخل = 100% - النسبة التراكمية للتربة المتبقية.

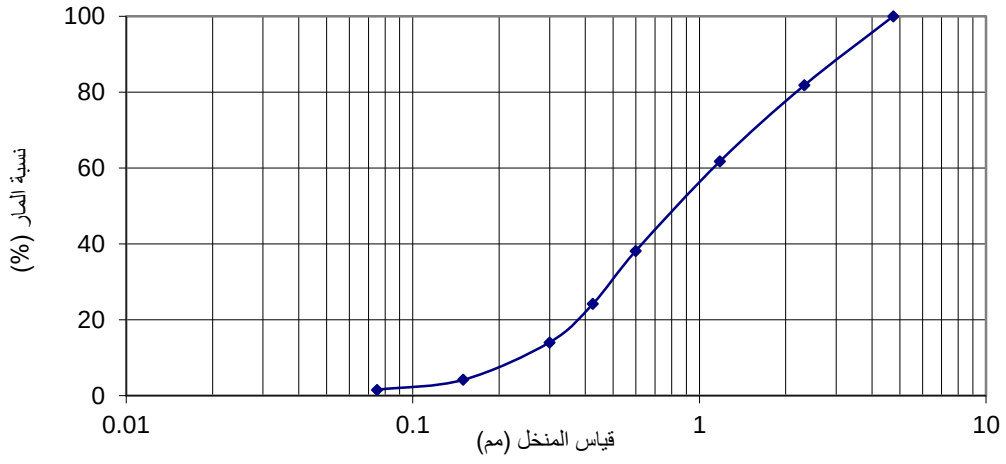
اختبار التحليل المنخلي في الموقع :

- وضع عينة التربة:..... موقع العينة:.....
- رقم الجلسة :..... رقم العينة:.....
- عمق العينة :..... رقم الاختبار:.....
- المحتوي المائي:..... الوزن النوعي:.....
- اسم الفاحص:..... التاريخ:.....

النتائج:

جدول رقم (٦-٢) يوضح: حساب التدرج الحبيبي

رقم المنخل	قطر فتحة المنخل (مم)	وزن المنخل (جم)	وزن المنخل +وزن التربة (جم)	وزن التربة المتبقية (جم)	نسبة التربة المتبقية (%)	النسبة التراكمية للتربة المتبقية (%)	نسبة المار(%)
-	25.40						
-	12.70						
-	6.35						
4	4.75						
10	2.00						
20	0.850						
40	0.425						
100	0.15						
200	0.074						
Pan							



منحني التدرج الحبيبي للتربة

شكل رقم (٢-٢)يوضح: مجموعة من المناخل القياسية

التجربة (٢)

اختبار التحليل الهيدرومتري (المائي)Hydrometer Analysis:

الغرض من التجربة:

تستعمل هذه الطريقة للتنخيل عندما تحتوي عينة التربة على نسبة من الطين أو الطمي أو كليهما، والتي تكون عادة متماسكة الحبيبات ولا تذوب إلا بالغسل. وتستعمل الطريقة سواء كبرت نسبة المواد الناعمة في العينة قياساً إلى المكونات الخشنة، أو صغرت هذه النسبة في العينة.

المراجع القياسية:

- BS 1377
- ASTM, D-421, D-422
- AASHTO, T-88.

الأدوات المستخدمة:

١- هيدرومتر .
٢- أسطوانات اختبار مدرجة.
٣- خلاط .
٤- ميزان لا تقل درجة دقته عن 0.1gm.
٥- فرن تجفيف لا تقل درجة دقته عن 110˚c ± 5˚c.
٦- وعاء تجفيف .
٧- محقنة.
٨- ساعة توقيت .
٩- ترمومتر.
١٠- ماء مقطر.

طريقة العمل:

١- خلط حوالي 50gm من التربة المارة من المنخل رقم 200 في تجربة التحليل المنخلي مع ماء مقطر حتى تصبح عجينة ناعمة ورقيقة .
٢- وضع العينة في كأس سعتها 250m وأضف عليها 125mlمن محلول مثل ميتا فوسفات الصوديوم الذي تركيزه 4%, ثم ترك المزيج يتشرب لمدة لا تقل عن 16 ساعة .
٣- نقل المزيج إلي كاس الخلاط بعناية بحيث لا يفقد جزاء منه, وأضف إليه ماء مقطر بواسطة المحقنة حتى يصل من نصف كاس الخلاط.
٤- خلط المزيج في الخلاط لحوالي 15 دقيقة حتى تتفتت حبيبات التربة إلي جزيئات مستقلة .
٥- نقل المزيج إلي اسطوانة الاختبار المدرجة وأضف عليه من الماء المقطر حتى يصل إلي علامة حجم 1000ml.
٦- ضع راحة يدك بإحكام (أو غطاء محكم) علي فتحة الاسطوانة ثم أقلبها إلي الأسفل والي أعلي لمدة دقيقة, والتأكد من عدم التصاق المزيج بأسفل الاسطوانة, ثم وضعها علي طاولة ثابتة وبدأ حساب الوقت .
٧- ملأ اسطوانة اختبار مدرجة أخري بالماء المقطر وذالك لحفظ الهيدرومتر فيه بين القراءات .
٨- بعد مضي دقيقتين ادخل الهيدرومتر ببطء إلي أسفل اسطوانة المزيج وتسجيل قراءة الهيدرومتر لأعلي سطح السائل وكذلك درجة الحرارة باستخدام الترمومتر, مع ملاحظة تجفيف الهيدرومتر قبل استخدامه وإدخاله في اسطوانة الخلط بمدة تتراوح بين (25_20) ثانية, وذالك في كل مرة .

٩- تكرار تسجيل قراءتي الهيدرومتر والترمومتر بعد مضي الأوقات:(-5-15-30-60-250-1440) دقيقة, وقد تحتاج التجربة إلي وقت أطول حتى تصبح قراءة الهيدرومتر مقاربة للواحدة أو عندما يكون تغيير القراءة بسيط جدا بعد مضي وقت طويل, وبعد كل قراءة يزال الهيدرومتر من المزيج ويوضع في اسطوانة الاختبار المدرجة والمملوءة بالماء المقطر.

١٠-جعل فتحة اسطوانة المزيج مغطاة بين القراءات لمنح حالة التبخر وضمان عدم وصل غبار او خلاقه إلي المحلول.

١١-وزن وعاء التجفيف إلي اقرب ميزان 0.01gm.

١٢-بعد أخر قراءة صب المزيج (المحلول) في وعاء التجفيف وذلك بعناية فائقة لمنع فقدان أي من حبيبات التربة.

١٣-وضع المحلول في الفرن حتى تتبخر الماء لتبقي حبيبات التربة في حالتها الجافة, ثم وزن وعاء التجفيف مع التربة الجافة لأقرب ميزان 0.01gm.

١٤-حساب وزن التربة الجافة من الخطوتين (١١) و (١٣).

العمليات الحسابية:

١) حساب القطر المؤثر لحبيبات التربة من العلاقة :

$$D = \sqrt{\frac{30n}{980}(G_s - G_T)\frac{L}{T}}$$
$$= K\sqrt{\frac{L}{T}}$$

حيث :

D: قطر جزيئات التربة (mm).

G_S: الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة.

G_T: الوزن النوعي للماء عند درجة حرارة الاختبار.

n: معامل لزوجة الماء عند درجة حرارة الاختبار.

T: الفترة الزمنية من بداية ترسيب الجزيئات حتى اخذ القراءة(min).

K: ثابت تعتمد علي درجة حرارة المحول وعلي الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة.

L: المسافة من سطح المحول إلي المستوي الذي تقاس عنده كثافة العينة.

٢) حساب نسبة التربة الناعمة من العلاقة:

$$\mathrm{N} = \left[\frac{G_s}{G_S - 1} \times \frac{100000}{\mathrm{W_s}} \right] (R - G_T)$$

حيث :

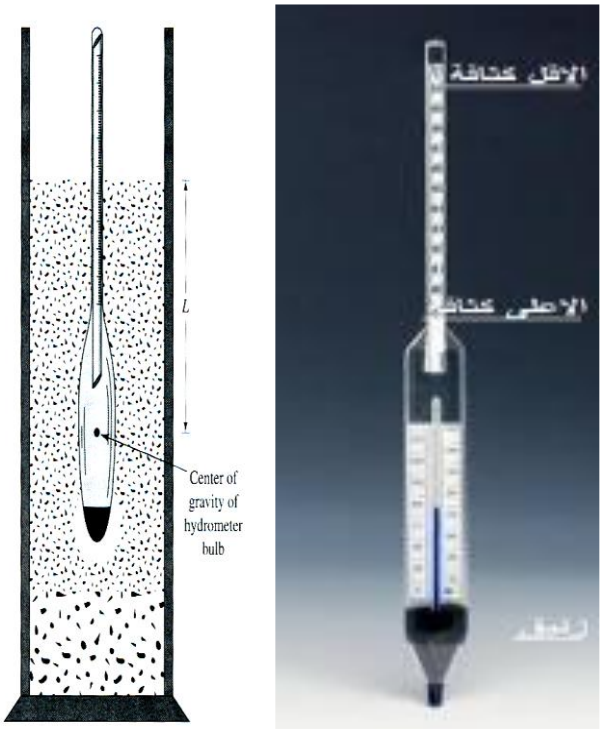
N: نسبة التربة الناعمة (%).

G_S: الوزن النوعي لحبيبات التربة الصلبة .

G_T: الوزن النوعي للماء عند درجة حرارة الاختبار.

W_S: وزن التربة الجافة.

R: قراءات الهيدرومتر



شكل رقم (٣-٢) توضح: جهاز الهيدروميتر

٨-٢تجارب الدمك Compaction Tests:

يمثل دمك التربة في أحد المتطلبات الرئيسة في المشاريع المرتبطة بأعمال التربة والتي من أهمها الطرق والسدود الترابية أساسات المنشآت. ويعرف دمك التربة بأنه الطاقة الميكانيكية التي تؤدي إلي زيادة كثافتها وذلك بطرد الهواء الموجود بين حبيباتها. وتهدف عملية دمك التربة إلي تحسين خواصها الهندسية والي تحقيق المتطلبات التالية:

١- زيادة مقدار تحمل التربة.
٢- الحد من هبوط التربة وتقليل نسبة فراغاتها.
٣- التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
٤- خفض نفازية التربة للمياه.
٥- زيادة عامل الأمان ضد أنزلاقات أو ردميات التربة.

الأدوات المستخدمة في اختبارات الدمك:

١- أجهزة الدمك: قالب مع قاعدته وطوقه، مطرقة.
٢- منخل رقم (٤).
٣- صينية خلط كبيرة.
٤- وعاء تجفيف.
٥- ميزان كبير يزن إلي 20Kg.
٦- ميزان صغير لا تقل درجة دقته عن 0.1gm.
٧- فرن تجفيف بدرجة حرارة $110^{\circ}c \pm 5^{\circ}c$.
٨- مغرفة.
٩- سكين تسوية.
١٠- علب لتحديد المحتوي المائي.

التجربة (١)

اختبار بروكتور القياسي Standard proctor Test

الهدف من التجربة:

يهدف هذا الاختبار إلي تحديد أقصي كثافة جافة ($\gamma_{d-\max}$) ونسبة المياه الحرجة (om_c) المناظرة لها.

طريقة العمل:

١- تجهيز عينة من التربة بكمية يصل إلي 15kg بحيث تكون مجففة بتأثير الهواء.
٢- وضع العينة في صينية الخلط وأبدا في خلطها وتفتيت حبيباتها بواسطة اليد.
٣- تمرير العينة علي منخل رقم (4) للتأكد إن أكثر من 80% منها قد تجاوز هذا المنخل, و إلا اعد خلط وتفتيت التربة.
٤- وزن القالب فارغا مع قاعدته و بدون الطوق العلوي باستخدام الميزان الكبير.
٥- تبيت الطوق علي القالب بإحكام.
٦- و ضع جزء من عينة التربة في القالب بحيث تغطي حوالي ثلث حجم القالب وبسمك يتراوح بين (5-7cm).
٧- دمك التربة في القالب بواسطة المطرقة التي وزنها 2.5kg وارتفاع سقوطها 30.5cm وبعدد 25 ضربة موزعة علي سطح التربة.
٨- عمل شروخ أو تشققات في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتمتر تقريبا بواسطة سكين, ثم إضافة الثلث الثاني من التربة ودكها بنفس الطريقة الموضوعة في الخطوة السابقة (٧).
٩- عمل شروخ مرة أُخري في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتمتر تقريبا بواسطة سكين ثم إضافة الثلث الأخير بحيث تغطي كامل القالب بما فيه الطوق ودكها بنفس الطريقة الموضحة في الخطوة(٧).
١٠- إزالة الطوق بعناية حتى لا تتفتت التربة المدكوكة, ثم إزالة التربة الزائدة عن ارتفاع القالب بحافة السكين حتى يتساوي سطح التربة مع حافة القالب تماما.
١١- وزن التربة مع قاعدته والتربة الموجودة به.
١٢- إخراج العينة من القالب, وقد تحتاج إلي جهاز استخراج العينات.
١٣- تحديد المحتوي المائي للتربة بأخذ عينة من اعلي ووسط وأسفل التربة المدكوكة.
١٤- تكرار الخطوات من (٦) إلي (١٣) بزيادة المحتوي المائي في كل مرة بنسبة 3% تقريبا حتى تبدأ الكثافة الجافة في النقصان.

كيف يتم هذه التجربة:

يتم هذا الاختبار بتحضير ٤او ٥ عينات من التربة المعينة, بحيث تتضمن كل عينة محتوي مائي يزيد عن سابقها بحوالي 2%, وتدمك كل عينة في قالب له أبعاد ثابتة وهي :

- قطر القالب = diameter of mold = 4in = 101.6mm
- ارتفاع القالب = height of mold = 4.58in = 116.43

- حجم القالب volume of mold = $943.3\,cm^3$ = $\frac{1}{30}\,ft^3$

وفي هذا الاختبار يتم خلط التربة جيدا بنسبة الماء المضاف ثم توضع في القالب علي ثلاث طبقات متساوية, وتدمك كل طبقة بمقدار 25 ضربة بواسطة مطرقة تزن 2.5kg وارتفاع سقوطها 30.5cm وبعد دمكها يتم إيجاد وزن التربة ومن ثم كثافتها (γ) من العلاقة أدناه :

$$\gamma = \frac{w}{v_m}$$

حيث:

W: وزن عينة التربة المستخدمة. V_M: حجم القالب.

التجربة (٢)

اختبار بروكتر المعدل Modified proctor Test

الهدف من التجربة:

يعد هذا الاختبار طريقة معدلة ومتطورة لاختبار بروكتر القياسي, باستخدام نفس مواصفات القالب بهدف الحصول علي نتائج تؤدي إلي زيادة أقصي كثافة جافة للتربة, ويختلف اختبار بروكتر المعدل عن الاختبار القياسي في الأتي:

١- عدد طبقات ألدمك = 5 طبقة.
٢- وزن المطرقة 4.5kg.
٣- ارتفاع سقوط المطرقة = 45.75cm

وغالباً ما تتراوح أقصي كثافة جافة لمختلف أنواع التربة بين بينما تتراوح قيم نسب المياه الحرجة من (10%إلى 20%).

طريقة العمل:

١- إتباع الخطوات من (١) إلي (٥) المبينة في طريقة عمل اختبار بروكتر القياسي.
٢- وضع جزء من التربة بحيث تغطي خُمس القالب بعد الدمك.

٣- دمك التربة ي القالب بواسطة المطرقة التي وزنها 4.54kg وارتفاع سقوطها 45.75cm وبعدد25 ضربة موزعة علي سطح التربة.

٤- عمل شروخ أو تشققات في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتمتراً تقريباً بواسطة سكين, ثم إضافة الخمس الثاني من التربة ودكها بنفس الطريقة الموضحة في الخطوة (٣).

٥- تكرار العملية نفسها حتى الخطوة الخامسة.

٦- إتباع نفس العمليات الموضحة في اختبار بروكتر القياسي, وذلك من الخطوة (١٠) إلي (١٣).

٧- تكرار الطريقة بزيادة المحتوي المائي لعينة التربة بنسبة (٣%) تقريباً في كل مرة حتى تبدأ الكثافة الجافة للتربة بالنقصان.

العمليات الحسابية:

يكمن الهدف من تجربة ألدمك في تحديد أقصي كثافة جافة ($\gamma_{d-\max}$) ونسبة المياه الحرجة (OMC)المناظرة لها, ويتم ذلك برسم الكثافة الجافة مع المحتوي المائي بعد تحديدهما من خطوات التجربة. ويتم حساب الكثافة الجافة من العلاقة :

$$\gamma_d = \frac{W_s}{v} = \frac{W}{v\left(1 + \frac{w}{100}\right)}$$

حيث: W_s: وزن حبيبات التربة الصلبة في القالب. v: حجم القالب.

w: وزن التربة في القالب. W: المحتوي المائي.

يتم عمل اختبار الدمك (اختبار بروكتر القياسي والمعدل) في الموقع كما يلي:

وصف عينة التربة:..... موقع العينة:.....

رقم الجلســـة:..... رقم العينة:.....

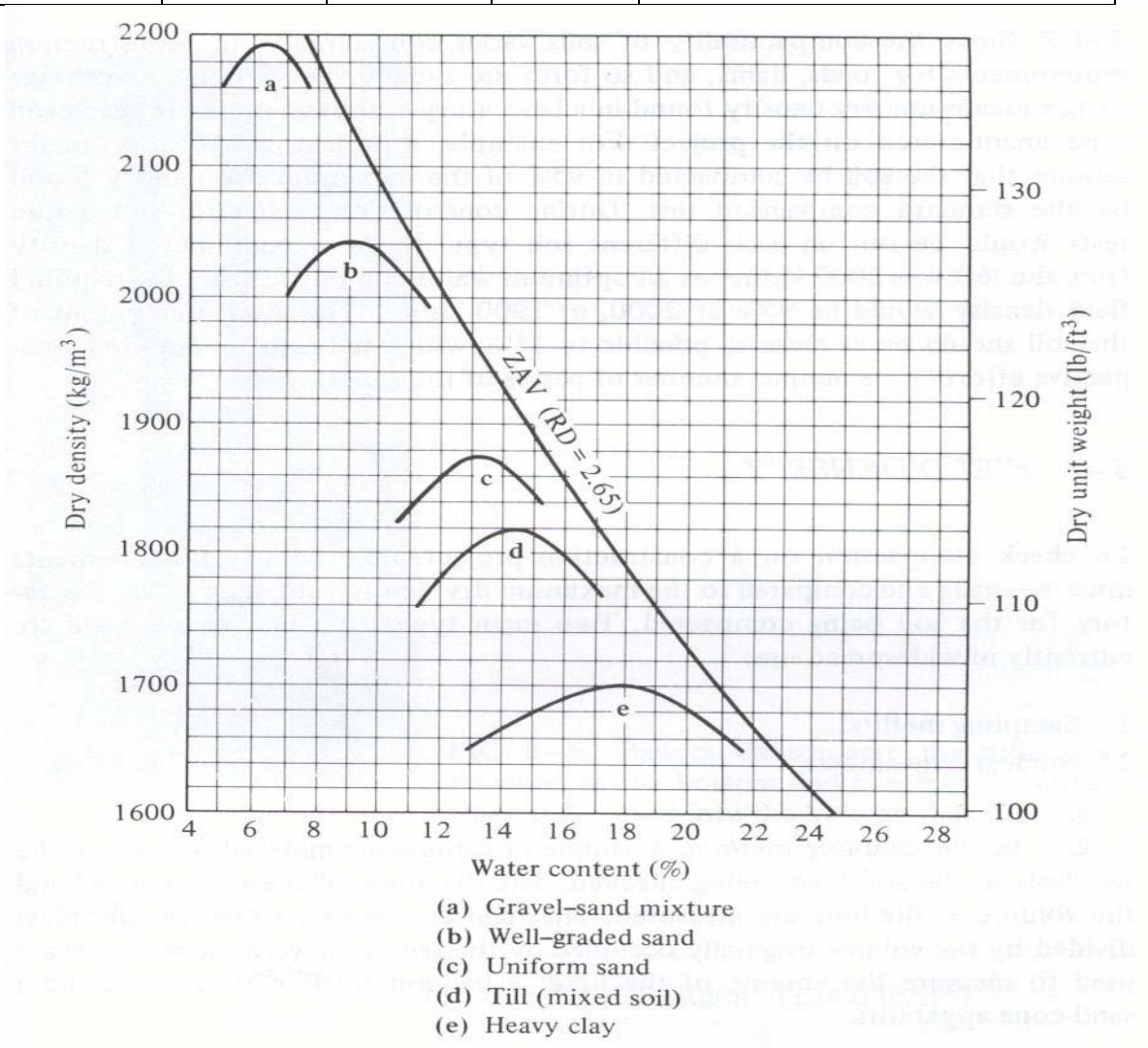
عمق العينة:..... رقم الاختبار:.....

المحتوي المائي:..... الوزن النوعي:.....

اسم الفاحص:..... التاريخ:.....

جدول رقم (٧-٢) توضح: تحديد الكثافة الجافة

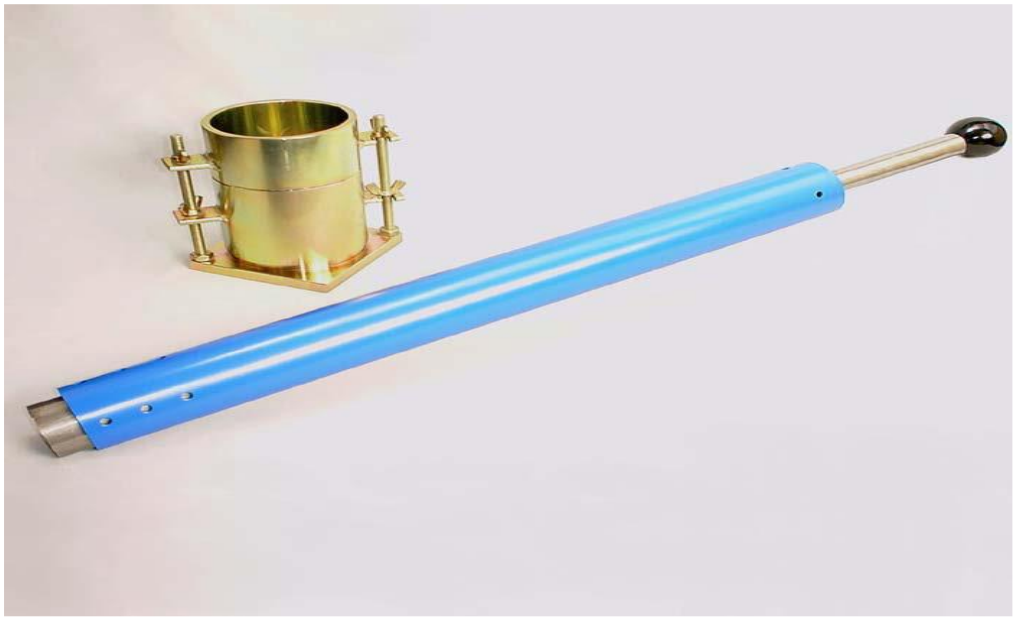
رقم الاختبار	١	٢	٣	٤
وزن القالب + التربة المدكوكة (جم)				
وزن القالب (جم)				
وزن التربة المدكوكة (جم)				
الكثافة الرطبة للتربة(KN/cm^3)				



منحنيــات الدمك لأنواع التربة

جدول (٨-٢) توضح: تحديد المحتوي المائي

رقم الاختبار				
وزن الوعاء (جم)				
وزن الوعاء (جم)				
وزن الوعاء + وزن التربة الرطبة(جم)				
وزن الوعاء + التربة الجافة (جم)				
وزن الماء(جم)				
وزن التربة الجافة (جم)				
المحتوي المائي (%)				



شكل رقم (٤-٢) القالب القياسي لدمك التربة في المعمل

٩-٢كثافة التربة (Bulk Density of Soil):

تعتبر كثافة التربة من أهم الخصائص التي يجري تحديدها لغرض استعمالها في عدّة مجالات مهمة في حسابات التربة والأساسات، منها على سبيل المثال:

١- حساب ضغط التربة على الجدران الاستنادية (Retaining walls).
٢- دراسة اتزان المنحدرات الترابية (Slope stability analysis).
٣- حسابات هبوط التربة (Settlement).
٤- توزيع الأجهادات في التربة تحت القواعد (Stress distribution).
٥- حساب حجوم أعمال الحفريات في التربة.

التجربة (١)

كثافة التربة بطريقة اسطوانة القطع

(Bulk Density Determination Using the Core-Cutter)

المراجع القياسية (Standard reference):

- BS 1377.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١. أسطوانة قطع أحد أطرافها حاد (Hardened cutting edge)، ارتفاعها (١٣٠) مليمتراً وقطرها الداخلي (١٠٠) مليمتر (BS 1377) ، ويمكن لهذا الغرض استعمال حلقة جهاز التضاغط (Consolidation ring) بحيث لا يقل قطرها عن (٥٠) مليمتراً.
٢. مطرقة فولاذية (Steel hammer).
٣. ميزان (Balance).
٤. سكين خاص للقطع (Palette knife).
٥. مسطرة معدنية (Steel ruler).
٦. أدوات لتحديد محتوى الرطوبة.
٧. زيت أو شحمة (Oil).

الطريقة (Procedure):

١- يتم تزييت أو تشحيم (Lubrication) اسطوانة القطع أو الحلقة الأسطوانية بواسطة الزيت أو الشحمة، ويجري وزن الأسطوانة أو الحلقة بدقة، وليكن هذا الوزن (m_1).

٢- تؤخذ قياسات وأبعاد الاسطوانة أو الحلقة، ويحسب الحجم الداخلي لها بالمعادلة:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} h$$

حيث:

D: القطر الداخلي للأسطوانة أو الحلقة. h: ارتفاع الاسطوانة أو الحلقة.

٣- تتم تسوية سطح التربة بالسكين، وتوضع القطعة الفولاذية (Steel dolly) أعلى اسطوانة القطع (هذا في حالة استعمال اسطوانة القطع)، ويتم الدق فوق الأسطوانة بواسطة المطرقة الفولاذية ليتم انغراز الاسطوانة في عينة التربة، وهنا تنفع الخبرة في ضمان جودة الدق وغرز الاسطوانة بهدوء وبشكل عمودي، للحصول على عينة جيدة داخل الاسطوانة.

في حالة استعمال الحلقة الأسطوانية قليلة الارتفاع، توضع الحلقة على سطح العينة بعد تسويته، ويتم قطع قليل من التربة بحذر حول الحلقة ثم غرزها، وهكذا حتى تنغرز الحلقة وتمتلئ بعينة التربة.

٤- بعد امتلاء اسطوانة القطع أو الحلقة المعدنية بالعينة، يتم تنظيف جوانب الاسطوانة أو الحلقة وتسوية سطح التربة بداخلها (Trimming).

٥- عندها يتم وزن الاسطوانة أو الحلقة الأسطوانية والعينة بداخلها، ويمكن وضع قطعتين من الزجاج لهما وزن معلوم (m_4, m_3) عند طرفي الاسطوانة أو الحلقة، وليكن الوزن مساوياً (m_2) (وزن الاسطوانة أو الحلقة + التربة + قطعتي زجاج).

٦- يمكن ترتيب المعلومات اللازمة في جدول لتسهيل الحساب، نموذج رقم (٣-٥).

الحسابات (Calculations):

$$\rho = \frac{m_o}{V}$$

تحسب كثافة التربة بالمعادلة:

$$m_o = m_2 - (m_1 + m_2 + m_3)$$

ملاحظات (Notes):

١- يتم تحديد الكثافة للعينة الواحدة من التربة بحسب تجانس التربة من حيث تكوينها ودرجة الدقة أثناء إجراء الفحص، على أنه يفضل أن لا يقل عدد المحاولات عن ست.

٢- حينما تكون التربة متجانسة التركيب، فإن الفرو قات بين قيم الكثافة لا يجب أن تزيد عن ٠,٠٣ غرام/ سنتمتر مكعب (= ٠,٠٣ طن/متر مكعب).

٣- تؤخذ القيمة المتوسط للقيم التي يتم إيجادها لتكون بمثابة قيمة الكثافة للعينة قيد الفحص.

٤- هذا الفحص شائع الاستعمال لإيجاد كثافة الأشكال الناعمة من التربة، وهو ما يمكن استنتاجه من الطريقة التي يُجرى بها.

٥- نظراً للعلاقة المهمة بين كثافة التربة ومحتوى رطوبتها، حيث تزيد كثافة التربة لو زاد محتوى رطوبتها، فإن محتوى الرطوبة يقاس جنباً إلى جنب مع تحديد الكثافة، ويذكر دائماً حيث يأتي ذكر الكثافة.

٦- الكثافة الجافة للتربة (Dry density) قيمة مهمة تدخل في كثير من حسابات التربة، وخصوصاً فحوصات تقييم الدمك (Compaction)، ويمكن إيجادها إذا كانت الكثافة الرطبة معلومة، وكذلك محتوى الرطوبة، وذلك من المعادلة التالية:

$$\rho_d = \frac{100\rho}{100+W}$$

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$$

٧- الكثافة التي يتم تحديدها خلال هذا الفحص هي نفسها التي تسمى بالكثافة الرطبة (wet density)، وذلك لتمييزها عن الكثافة الجافة. وهذا متعارف عليه في كتب الاختصاص، حيث تعتبر الكثافة رطبة حيثما ورد مصطلح (كثافة التربة) حتى ولو لم تجر الإشارة لذلك.

النتائج:

جدول رقم (٩-٢) يوضح: حساب كثافة التربة بطريقة أسطوانة القطع

ارتفاع الحلقة أو الاسطوانة (سم)	H	
قطر الحلقة أو الاسطوانة فارغة (سم)	D	
وزن الحلقة أو الاسطوانة فارغة (غم)	m_1	
وزن قطعتي الزجاج m_3,m_4 (غم)	m_3+m_4	
وزن الحلقة أو الاسطوانة مع التربة وقطعتي الزجاج (غم)	m_2	
حجم عينة التربة (V) (سم٣)	V	
كثافة التربة (ρ) (غم/سم٣)	$\rho = \frac{m_1 - (m_1 + m_3 + m_4)}{V}$	
محتوى رطوبة العينة (W) (%)	W	
الكثافة الجافة للتربة ρ_d (غم/سم٣)	$\rho_d = \rho \div (1 + W)$	

التجربة(٢)

كثافة التربـة بطريقة الغمر بالماء

(Bulk Density Determination Using Immersion In Water)

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377, Test No. 15 (E).

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- وعاء معدني أو بلاستيكي محكم (Water-tight container).
٢- ميزان له حساسية إلى ١ غرام (Balance).
٣- حمّالة (Cradle) مع هيكل مساعد (Supporting frame).
٤- شمع برافين (Paraffin wax) له كثافة معلومة (ρ_p).

٥- جهاز خاص أو وعاء لتذويب شمع البرافين (Melting tank).

٦- سكين للقطع (Knife).

٧- ورقة ترشيح (Filter paper).

الطريقة (Procedure):

١- يتم أخذ قطعة من العينة المراد إيجاد كثافتها دون خلخلة تركيبها، ولا ضرورة لأن تكون متساوية أو منتظمة الأبعاد، ولكن يلزم أن تكون معقولة الحجم (حوالي ٣٠ سنتمتراً مكعباً أو أكثر).

٢- تنظف أطراف العينة بالسكين ويسوى سطحها إلى حد ما، ثم توزن العينة، وليكن وزنها (m).

٣- يسخن البرافين حتى درجة حرارة ٦٠ مئوية، ثم يجري تلبيس العينة بالبرافين السائل بواسطة تغطيسها في الوعاء الذي يحتوي البرافين من عدة جهات، لتتغطى العينة بطبقة من البرافين (١-٥)مليمتر. ويراعى هنا أن لا يُحتجز هواء داخل فقاعات بين التربة والبرافين، ويمكن التخلص من فقاعات الهواء بواسطة إبرة مدببة ساخنة مع الضغط الليّن بالإصبع لتسوية المكان الذي كانت فيه الفقاعة.

٤- توزن العينة المغطاة بالبرافين، وليكن هذا الوزن (m_1).

٥- يوجد وزن البرافين ($mp = m_1 - m$).

٦- يوجد حجم البرافين ($V_p = m_p/\rho_p$) حيث ρ_p : كثافة البرافين، وتكون عادة بحدود ٠,٩ غرام/سنتمتر مكعب.

٧- يتم غمر العينة بالماء بعد ربطها بخيط أو بوضعها داخل الحمالة ، ويؤخذ وزن العينة وهي معلقة في الماء، وليكن هذا الوزن (m_2).

٨- يتم إخراج العينة من الماء ويجفف سطحها بواسطة ورقة الترشيح، وتوزن في الهواء. وإذا كان هناك فرق بين هذا الوزن والوزن (m_1) يزيد على ٠,٠٢ غرام، فإن العينة تعتبر لا غية.

٩- يتم تحديد محتوى الرطوبة للعينة بعد كسر طبقة من البرافين وإخراج التربة.

الحسابات (Calculations):

١- حجم العينة (سم٣)

$$V = (m_1 - m_2) - \frac{m_1 - m}{\rho_p}$$

٢- كثافة التربة (غم/سم٣)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$\rho_d = \frac{100\rho}{100+W}$$

٣- الكثافة الجافة للتربة (غم/سم٣)

$$\rho_d = \frac{\rho}{1+W}$$

حيث: W: محتوى الرطوبة للتربة.

ملاحظة (Note):

يتم حساب كثافة التربة بهذه الطريقة مرتين على الأقل، وتؤخذ القيمة المتوسطة للكثافة، على أن لا يزيد الفرق بين قيمتي الكثافة عن ٠,٠٣ غرام/ سنتمتر مكعب.

النتائج:

جدول رقم (١٠-٢) يوضح:حساب الكثافة بطريقة الغمر بالماء

وزن العينة قبل تغطيتها بالبرافين (غم)	M		
وزن العينة مع طبقة البرافين (غم)	m_1		
وزن العينة مع طبقة البرافين وهي معلقة بالماء (غم)	m_2		
كثافة البرافين (غم/سم٣)	ρ_p		
حجم العينة (سم٣)	$V = (m_1 - m_2) - \frac{m_1 - m}{\rho_p}$		
كثافة العينة (غم/سم٣)	ρ		
محتوى الرطوبة (%)	W		
الكثافة الجافة (غم/سم٣)	ρ_d		

التجربة (٣)

كثافة التربة بطريقة القياسات المباشرة

(Bulk Density Determination By Direct Measurements)

المراجع القياسية (Standard references):

- GOST, 5182 (Russian Standard).

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- سكين حاد (Knife).

٢- مسطرة (Ruler).

٣- ميزان (Balance).

الطريقة (Procedure):

تعتبر هذه الطريقة من الطرق السريعة لتحديد كثافة التربة، وخصوصاً في الموقع، عندما تكون هناك ضرورة لمعرفة الكثافة. وتتلخص خطوات هذه الطريقة بما يلي:

١. يقطع جزء من قطعة كبيرة من التربة بواسطة سكين ويتم تشكيل العينة على شكل مكعب منتظم الأبعاد.
٢. يحسب حجم العينة بسهولة (الطول × العرض × الارتفاع) (V).
٣. توزن العينة كما هي، وليكن وزنها (m).
٤. تحسب الكثافة من المعادلة :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

١٠-٢قياس نفاذية التربة: Measurement of permeability

يمكن تعريف نفاذية التربة بأنها قدرة التربة على السماح للسوائل بالجريان خلال فراغاتها. ويقصد بالسوائل هنا الماء.

التجربة (١)

اختبار النفاذية ذو ارتفاع المياه المتغير

(Falling Head Soil Permeability Test)

الغرض من التجربة:

تعيين معامل النفاذية للتربة الناعمة الحبيبات باستخدام جهاز النفاذية ذو العلو المتغير.

المراجع القياسية (Standard references):

- BS
- ASTM D-2434.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- اسطوانة معدنية صغيرة بقطر (10cm ــ 15), ومساحة قطاعها (A) وارتفاع (L) وتكون دخول الماء من أعلي وخروج من أسفل.
٢- أنبوبة زجاجية رفيعة ذات تدرج قياسي قطرها حوالي (0.5cm) ومساحة مقطعها (A) تركب علي لوح بها مسطرة قياسي.
٣- صينية بحوالي قطر (40cm ــ 30) وارتفاع حافتها (5cm).
٤- قرص مسامي اعلي العينة, وقرص أخر أسفلها لتوزيع المياه بانتظام علي سطح العينة.
٥- خزان للماء طوله تقريباً (100cm) و قطره (40cm) بها مفاتيح تدفق الماء.

طريقة إجراء الاختبار:

١- تحضير عينة التربة ووضعها داخل الاسطوانة بالكثافة المطلوبة.
٢- وضع الاسطوانة بالعينة داخل الصينية, بحيث منسوب المياه بالصينية اعلي قليلا من الفتحة السفلي للاسطوانة.
٣- يسمح بمرور المياه من الأنبوبة الزجاجية الدقيقة وتترك المياه بها لمدة (24) ساعة حتى ضمان بان التربة أصبحت مشبعة بالماء.
٤- ضبط ساعة الإيقاف وتسجيل الوقت في بداية وضع المياه في الأنبوبة الزجاجية (t=0) وذلك عند زمن (h1) وتعيين الارتفاع.

٥- تترك المياه تمر من الأنبوبة الدقيقة حتى ينخفض منسوب المياه حتى ليصل ألي (h2) بعد زمن قدره (t=1).

٦- تكرار العمل وتسجيل في كل مرة الارتفاع المتغير (h) مع الزمن.

٧- أخذ متوسطات معدل تغير ارتفاع المياه بالنسبة للزمن.

النتائج:

جدول رقم (١١-٢) يوضح: حساب النفاذية ذو الماء المتغير

رقم المحاولة	طول العينة	الزمن (t_2-t_1) (ثانية)	الارتفاع(h_1) (سم)	الارتفاع (h_2) (سم)	$h_1 \div h_2$	$Log_e (h_2 \div h_1)$	$L \div (t_2-t_1)$
١-							
٢-							
٣-							

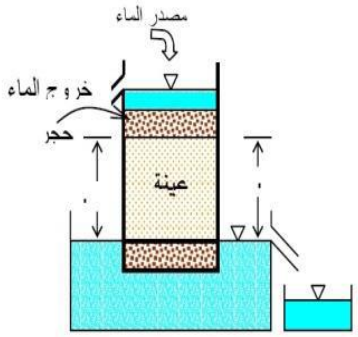
الخلاصة:

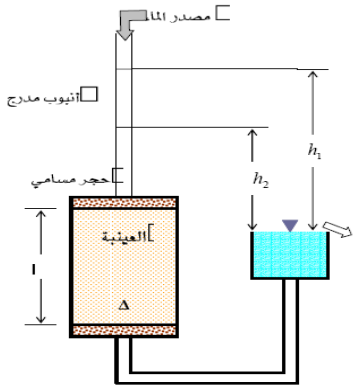
تنص الموصفات علي أن قيمة معامل النفاذية للركام اكبر من ($KN.m/s10^{-2}$) والرمل من ($KN.m/s10^{-2}$ __ 10^{-5}) والطمي من ($KN.m/s10^{-5}$ __ 10^{-8}) والطين اصغر من (10^{-8} $KN.m/s$).

جدول رقم (١٢-٢)يوضح: قيم معامل النفاذية (K) (متر/ثانية)

$KN.m/s10^{-2}$	$KN.m/s10^{-2}$ __ 10^{-5}	$KN.m/s10^{-5}$ __ 10^{-8}	$KN.m/s10^{-8}$
حصمة نظيفة	رمال نظيفة وخليط من الرمل	رمال ناعمة جداً، طمي	أطيان غير متشققة

Clean gravels	والحصمة Clean sands and sand gravel mixture	وصفائح من الطين والطمي Very fines sands, silts and clay- silt laminate	وطين مع طمي Unfissured clays & silts
	أطيان متشققة Fissured clays		





شكل رقم (٥-٢) يوضح: جهاز ضغط الماء المتغير

التجربة(٢)

فحص نفاذية التربة بطريقة ضغط الماء الثابت

(Constant Head Soil Permeability Test)

المراجع القياسية (Standard references):

- BS
- ASTM D-2434.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

- جهاز ضغط الماء الثابت والمتغير: هنالك أشكال وتصاميم مختلفة لهذا الجهاز, إلا أن مبدأ عملها واحد.

طريقة إجراء الاختبار:

١- تكون العينة في هذا الفحص محصورة داخل اسطوانة (Perspex cylinder) ويوضع على أعلى وأسفل العينة غطاء منفذ من شبكة معدنية (Wire mesh filter)، بينما يحافظ مصدر

الماء على منسوب ثابت للماء في الوعاء العلوي عن طريق التعويض المستمر عن كمية الماء التي ترشح خلال التربة.

٢- يجري قياس كمية الماء المترشحة عبر العينة بواسطة الإناء المدرج.

٣- تترك العينة أثناء الليل لليوم التالي لضمان استقرار وانتظام عملية الترشيح (Steady state).

٤- يمكن تدوين نتائج الفحص في جدول كما هو موضح في الحسابات أدناه.

الحسابات:

من خلال قانون دارسي:

$$V = K.i$$

$$\frac{Q}{t} = A.V$$

$$\frac{Q}{t} = K.A.i$$

$$\Rightarrow i = \frac{h}{L}$$

$$\Rightarrow K = \frac{QL}{Aht}$$

حيث:

q: حجم الماء المنافذ عبر التربة خلال وحدة الزمن.

A:مساحة المقطع العرضي للتربة.

K: معامل النفاذية.

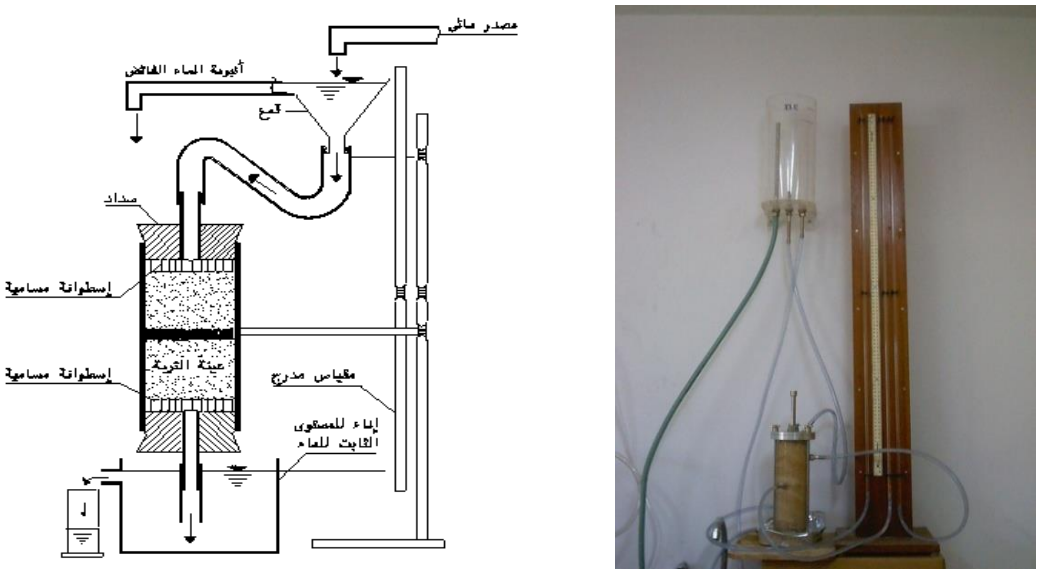
I: الميل الهيدروليكي

V: سرعة جريان الماء.

النتائج:

جدول رقم (١٣-٢) يوضح: حساب نفاذية التربة بطريقة ضغط الماء الثابت

رقم المحاولة	١	٢	٣
كمية الماء المترشحة عبر العينة (Q) (سم)			
الوقت الذي لزم للترشح (t) (ثانية)			
الفرق بين منسوب الماء في الأنبوبتين (h) (سم)			
طول العينة (L) (سم)			
مساحة مقطع العينة (A) (سم٢)			
معامل النفاذية $K=Q.L\div A.h.t$ (سم/ثانية)			



شكل رقم (٦-٢) جهاز ضغط الماء الثابت لقياس نفاذية التربة الرملية والحصوية

١١-٢مقاومة التربة للقص:

إن تحمل التربة للقص: هي المقاومة الداخلية لحبيباتها نتيجة اجهادات خارجية مقسوماً علي مساحة حبيبات أو كتلة التربة علي طول خط الانهيار. وتقوم مقاومة التربة للقص علي ركيزتين أساسيتين هما:

١- الاحتكاك الداخلي بين أسطح حبيبات التربة.
٢- التماسك (التلاصق) الطبيعي بين حبيبات التربة.

التجربة (١)
فحص القص المباشر للتربــة
(Direct Shear Test of Soil)

المراجع القياسية (Standard references):

- ASTM D-3080.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

صندوق القص المباشر (Direct shear box)

الطريقة (Procedure):

أولاً – فحص التربة غير المتماسكة (الرملية والحصوية):

١- يوزن وعاء فيه الرمل الجاف المراد فحصه بحيث تكون الكمية كافية لتحضير ثلاث عينات متشابهة في الوزن والكثافة،
٢- يتم إدخال براغي الفصل من النصف العلوي لصندوق القص لربط نصفي الصندوق،
٣- تُؤخذ قياسات الصندوق لحساب مساحة سطح العينة،
٤- توضع العينة داخل صندوق القص بعناية، ثم يوضع قرص التحميل مع القرص المسامي المسنّن (Serrated porous disc)،
٥- يتم تسليط الحمل العمودي المطلوب (N_1) مع أخذ وزن قرص التحميل والجزء العلوي من الصندوق بعين الاعتبار كجزء من (N_1)،
٦- يتم فك البراغي التي تربط الجزء العلوي من الصندوق بجزئه السفلي.
٧- يتم تثبيت ساعتي القياس لقراءة التشوهات الأفقية والعمودية.
٨- يتم البدء بالقص بعد توقف ساعة قراءة التشوهات العمودية، أي بعد أن تأخذ العينة مدى هبوطها تحت تأثير الحمل العمودي (N_1).
٩- عند استقرار الهبوط العمودي، يتم البدء بتسليط الحمل الأفقي (T_1) مع أخذ قراءات ساعة التشوهات الأفقية كل ١٥ ثانية للدقيقتين الأوليين، وكل ٣٠ ثانية للوقت المتبقي.

١٠- عند انهيار العينة (حصول القص) يتم رفع العينة من الصندوق.

١١- تتم إعادة الخطوات (١-١٠) على العينتين الباقيتين ذات الوزن والكثافة المشابهيْن لتلك التي للعينة الأولى، وباستعمال حمل عمودي (N_2) للعينة الثانية وحمل (N_3) للعينة الثالثة بحيث يكون ($N_1<N_2<N_3$).

ثانياً:- فحص التربة المتماسكة (الطينية):

يجري فحص القص للتربة الطينية المتماسكة في صندوق القص المباشر بنفس الطريقة التي يجري للتربة غير المتماسكة، باختلاف بسيط يتمثل في أن العينة في هذه الحالة تكون سليمة التركيب (Undisturbed)، ويجري قطعها من عينة أكبر وإدخالها في صندوق القص. ويتم هنا إنهاء تضاغط العينة (Consolidation) تحت تأثير الحمل العمودي قبل القيام بفصل جزئيْ صندوق القص (خطوة رقم ٥)، وذلك لضمان عدم خروج العينة الطريّة من الصندوق عند القيام بعملية الفصل.

الحسابات (Calculations):

يتم إجراء الحسابات التالية بنهاية فحص القص سواء كانت التربة متماسكة أو غير متماسكة:

- يُحسب الإجهاد العمودي (Normal stress) بالمعادلة:

$$\sigma_i = \frac{N_i}{A}$$

- يُحسب الإجهاد الذي أحدث القص (Shear stress) بالمعادلة:

$$\tau_i = \frac{T_i}{A}$$

حيث:

i: رقم العينة. A: مساحة سطح العينة.

الرسم (Plotting):

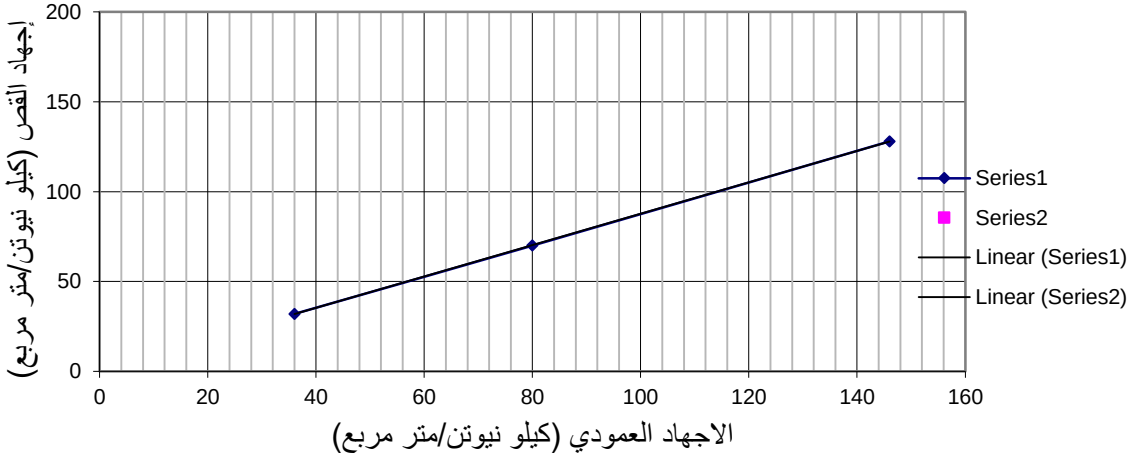
أ- يُرسم منحنى العلاقة بين τ وσ ومنه يتم إيجاد قوة التماسك (C) وزاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ).

ب- عند الطلب، يمكن رسم منحنى العلاقة بين التشوه الأفقي (Horizontal displacement) وإجهاد القص، وكذلك العلاقة بين التشوه الأفقي والتشوه العمودي (Verticaldisplacement).

النتائج:

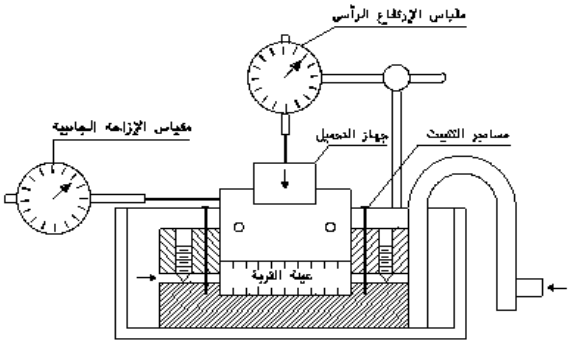
جدول رقم (١٤-٢) يوضح: حساب نتائج فحص القص المباشر للتربة

رقم العينة	١	٢	٣
الإجهاد العمودي σ_n (كيلو نيوتن/م٢)			
إجهاد القص عند الانهيار τ (كيلو نيوتن/م٢)			
التشوه الأفقي (ملم)			
الهبوط (ملم)			
الكثافة الجافة (غم/سم٣)			



من المنحنى : التماسك (C) = صفر

زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ) = ٤١ درجة (ميل المنحنى)



شكل رقم (٧-٢) توضح: صندوق القص المباشر

التجربة (٢)

فحص الانضغاط والقص ثلاثي المحاور

(Triaxial Compression and Shear Test)

المراجع القياسية (Standard references):

- ASTM D-2850
- BS 1377.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- جهاز القص ثلاثي المحاور ويتكون من خلية شفّافة مركبة على هيكل تحميل مناسب.

٢- أدوات مناسبة لتحضير العينات وقياسها (منشار، سكين، أداة للقياس الدقيق...).

٣- غشاء مطاطي لتغليف العينة أثناء الفحص (Rubber membrane)،

٤- فرن تجفيف وأدوات لقياس محتوى الرطوبة.

الطريقة (Procedure):

١- يتم تحضير ثلاث عينات متشابهة (على الأقل) ممثلة للتربة التي يُراد فحصها، وتكون هذه العينات اسطوانية الشكل ذات قطر يساوي نصف الطول (D = L/2)، وغالباً يكون الطول ٧٦ مليمتراً والقطر ٣٨ مليمتراً.

ملاحظة : الأقطار الشائعة للعينات هي ١,٤ و ٢,٨ إنش في الولايات المتحدة الأمريكية، ٣٨ و ١٠٠ملم في بريطانيا و ٥٠ ملم في كندا والدول الاسكندنافية. ويتم أخذ العينة سليمة التركيب بقطعها من كتلة أكبر من التربة (Block sample) أو من داخل أنبوب جمع العينات الاسطواني (Tube sampler).

٢- يتم تغليف العينة بالغشاء المطاطي وذلك بتركيب الغشاء حولها إذا كانت طينية متماسكة سليمة التركيب، وفي حالة التربة السائبة (Loose) غير المتماسكة كالرمل، يتم سكب العينة داخل الغشاء المطاطي عبر قمعٍ وباستعمال أدوات مناسبة لهذا الغرض.

٣- تؤخذ القياسات الدقيقة للعينة (القطر والطول)، وفي حالة الطين تُؤخذ هذه القياسات قبل التغليف بالغشاء المطاطي.

٤- يتم جمع خلية الجهاز بوضع العينة على المكان المخصص لها في الخلية، وتملأ الخلية بالماء ليحيط بالعينة.

٥- يتم تعريض الماء الموجود داخل الخلية والمحيط بالعينة لضغط ثابت معين بواسطة مضخة خاصة للهواء المضغوط، ويكون هذا الضغط محيطاً بالعينة من كل جانب ويُرمز له بـ (σ_3) .

٦- يتم التأثير بضغط خارجي عمودي على العينة وذلك من خلال حمل متصاعد حتى حصول انهيار العينة. ويكون هذا الضغط أو الإجهاد هو (σ_1-σ_3) .

٧- بعد انهيار العينة، يتم فك الخلية وإخراج العينة منها لوصف شكل الانهيار وكذلك إيجاد محتوى الرطوبة لها،

٨- بعد تنظيف الخلية، يتم تكرار الخطوات من (٢-٧) على العينتين الباقيتين، مع زيادة الضغط المحيط بالعينة إلى ($\sigma'3$) ثم ($\sigma''3$) في المحاولتين الثانية والثالثة على التوالي بحيث يكون ($\sigma3<\sigma3'<\sigma''3$).

ملاحظة :

تُؤخذ قراءات التشوهات العمودية أثناء التحميل لحساب الانفعال.

الحسابات (Calculation):

لحساب الإجهاد العمودي (Normal stress) والانفعال (Strain) تستعمل الرموز التالية:

Lo:الطول الابتدائي للعينة.

D : قطر العينة.

A_o: المساحة الابتدائية لمقطع العينة

$$A_o = \frac{\pi D^2}{4}$$

X: التشوه العمودي في أية لحظة أثناء التحميل.

وتكون الحسابات كما يلي:

أ- تُحسب نسبة الانفعال بالمعادلة:

$$\varepsilon = \frac{X}{L_o} 100(\%)$$

ب- يُحسب الضغط العمودي الخارجي الذي يحصل عنده الانهيار بالمعادلة:

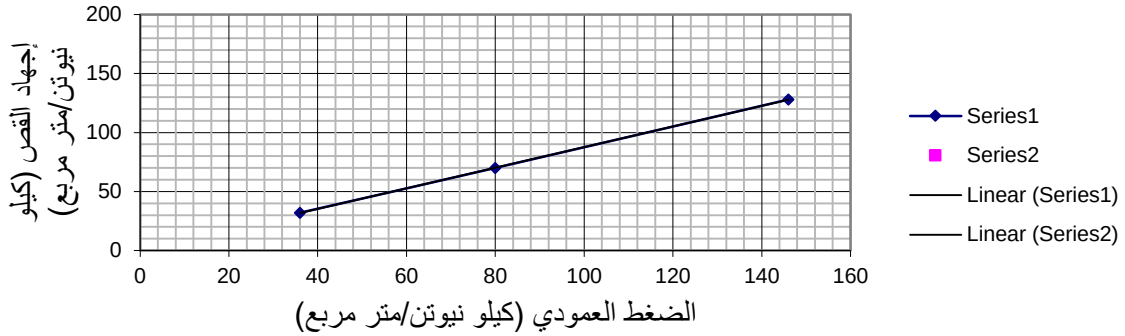
$$\sigma_1 - \sigma_3 = \frac{P}{A_o}$$

حيث: P : الحمل العمودي المؤثر على العينة.

النتائج:

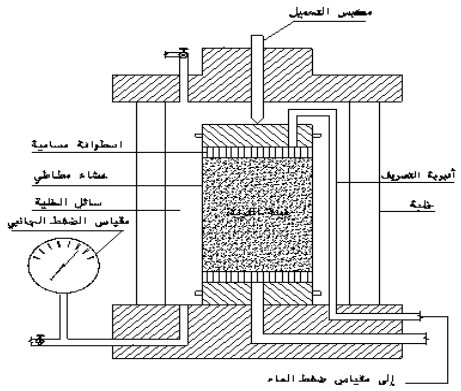
جدول رقم (١٥-٢) توضح: حساب نتائج فحص الانضغاط والقص ثلاثي المحاور

رقم العينة	الكثافة (غم/سم٣)	الرطوبة (%)	ضغط الخلية (كيلو نيوتن/م٢) σ_1	إجهاد الضغط $(\sigma_3-\sigma_1)$	الانفعال (%)	C (كيلو نيوتن/م٢)	ϕ (º)
A							
B							
C							



منحني العلاقة بين الضغط العمودي وإجهاد القص

من المنحنى : التماسك (C) = صفر ، زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ) = ٤١ درجة (ميل المنحنى)



شكل رقم (٨-٢) توضح: جهاز الانضغاط ثلاثي المحاور

التجربة (٣)

الانضغاط اللامحصور للتربـة

Unconfined Compression Test of Soil

المراجع القياسية Standard references:

- ASTM D-2166

الأجهزة اللازمة Equipment:

١- هيكل تحميل (Loading frame) ذو تشغيل يدوي أو آلي قادر على إعطاء سرعة تحميل قدرها ٠,٥٠ – ٤ ملمتر/الدقيقة. ويمكن استعمال نفس هيكل التحميل لجهاز القص ثلاثي المحاور لهذا الغرض.

٢- قرص قياس التحميل (Load measuring ring) ذو قدرة حوالي ٢ كيلو نيوتن.
٣- قاعدة يمكن تثبيتها على هيكل التحميل، وعليها ساعة لقياس الانفعال (Strain).
٤- أدوات مناسبة لتحضير العينات وقياسها (منشار, سكين، أداة للقياس الدقيق...).
٥- فرن تجفيف وأدوات لتحديد محتوى الرطوبة

الطريقة (Procedure):

١- يتم تحضير عينة اسطوانية الشكل ذات طول يساوي ضعف القطر (L = 2D)، وغالباً تكون العينة ذات طول = ٧٦ ملم وقطر = ٣٨ ملم (انظر طريقة تحضير عينات الفحص ثلاثي المحاور).
٢- تُؤخذ القياسات الدقيقة للعينة ويؤخذ وزنها.
٣- يتم وضع العينة على المكان المخصص لها في الجهاز (القاعدة السفلية) مع التأكد من أن العينة في وضع مناسب وغير مائلة. بعدها يتم تحريك الجهاز وإنزال القاعدة العليا لتلامس سطح العينة، ثم تُثبت ساعة القياس للانفعال, ويتم تصفير ساعتي الحمل والانفعال.
٤- يتم التأثير على العينة بضغط خارجي عمودي مع أخذ القراءات تباعاً لكل من الحمل والانفعال.
٥- يستمر التأثير بالحمل الخارجي على العينة حتى حصول الانهيار الذي يتم الحكم على حدوثه من خلال استمرار ثبات الحمل أو نقصانه لثلاث قراءات متتالية، أو عند بلوغ قيمة الانفعال ٢٠% (١٥ ملم من الهبوط لعينة قطرها ٣٨ ملم).
٦- عند انهيار العينة يتم إيقاف الجهاز وإخراج العينة منه.
٧- يتم رسم شكل العينة عند انهيارها وذلك لمعرفة نوع الانهيار الذي حصل، والذي قد يكون أحد الثلاثة التالية:
   - الانهيار اللدن (Plastic failure).
   - الانهيار شبه اللدن (Semi-plastic failure).
   - انهيار القصف (Brittle failure).
٨- يتم تحديد محتوى الرطوبة للعينة عند الانهيار.

الحسابات:

يتم حساب الانفعال كما هو موضح في تجربة القص ثلاثي المحاور، وضغط الشد بقسمة الحمل لحظة الانهيار على مساحة مقطع العينة العرضي مع مراعاة المعامِلات الخاصة بكل جهاز.

ملاحظة :

يمكن قياس حساسية الطين (Sensitivity of clay) بعد انهيار العينة وتحديد مقاومة الضغط اللامحصور (q_u)، وذلك بأخذ نفس العينة وإعادة تشكيلها (Remolding) لعينة اسطوانية بنفس مقاسات العينة الأولى وفحص مقاومتها للضغط اللامحصور (q_r). ويتم ايجاد حساسية الطين من العلاقة:

$$S_t = \frac{q_u}{q_r}$$

حيث :

q_u: مقاومة العينة سليمة التركيب للضغط اللامحصور.

q_r: مقاومة العينة الناتجة من اعادة التشكيل للضغط اللامحصور.

شكل رقم (٩-٢) توضح: جهاز التحميل

الفصل الثالث

الخرسانة Concrete

١-٣مقدمة عامة عن الخرسانة:

تعريف:

الخرسانة هي بنيان structure يتركب من عدة مواد والجزء الأكبر في هذا البنيان هو الركام الذي يتماسك مع بعضه البعض في صورة شبيه بالكتلة الحجرية وذلك بفعل العينة الأسمنتية المغلقة للركام والتي تتصلب نتيجة التفاعل الكيميائي بين الاسمنت والماء.

الخرسانة كمادة إنشائية:

الخرسانة في حالتها المتصلدة تبدو كمادة صخرية ذات مقاومة عالية للضغط, إما في حالتها الطازجة فلها خاصية اللدونة التي تسمح بتشكيلها في أي قالب معماري مطلوب, وتعتبر الخرسانة مع الصلب أكثر المواد الإنشائية شيوعاً واستعمالاً في عصرنا الحديث, وذلك لسهولة تواجده والرخص النسبي للمواد المكونة له وأيضاً لسهولة تصنيعها, ويمكن استعمال الخرسانة بالاشتراك مع مواد أخري لتكوين قطاعات composite sections كما في حالة استخدام قطاعات الصلب مع الخرسانة أو لتكوين مواد مركبة Composite Materials كما في حالة إضافة أنواع معينة من الألياف إلي الخرسانة أثناء خلطها لتحسين بعض الخصائص المرغوبة وتعتبر الخرسانة مع حديد التسليح مادتين متكاملتين من حيث الخواص.

ومن أهم عيوب الخرسانة إن مقومتها للشد ضعيفة نسبياً ولهذا فعند استعمالها للأغراض الإنشائية فانه يتم استعمالها مع أسياخ من الصلب الذي تقوم بمقاومة قوي الشد. وكذلك من عيوب الخرسانة الحركة الناتجة من الانكماش بالجفاف, أو من الرطوبة التي تسبب شروخاً شعرية دقيقة يلزم لملاقاة وجودها وضع حديد التسليح المناسب أو عمل وصلات بالخرسانة علي مسافات متباعدة .

كما أن الخرسانة مسمط تماماً, وأنها تسمح بنفاذ السوائل والغازات بدرجات متفاوتة تعتمد علي وجود الخرسانة ونسبت الفراغات بها ونفاذ الرطوبة في الخرسانة المسلحة يعمل علي صداء وتأكل الحديد, وأيضاً ينتج عنه تبقيع سطح الخرسانة وتلفها.

في سنة ١٩١٩ شهدت صناعة الخرسانة الثورة الأولى حيث اكتشف أبرامز Abrams أن هناك علاقة بين مقاومة الضغط للخرسانة ونسبة الماء بالخلطة وقد أوضح أبرامز أن مقاومة الضغط تزيد كلما قلت نسبة الماء إلى الأسمنت (م/س) وقد حدد هذه العلاقة آما يلي:

$$f_c = \frac{965.5}{1.5(w/c)} kg/cm^2$$

حيث:

f_c :هي مقاومة الضغط للخرسانة كجم/سم٢.

(w/c):هي نسبة الماء إلي الاسمنت بالوزن ويلاحظ أن المعادلة قد استنتجت لخرسانة بركام واسمنت وظروف صناعية معينة وفي حالة اختلاف هذه المواد أو هذه الظروف فان قيمة المقدار الثابت بالمعادلة قد تتغير.

٢-٣خواص واختبار مواد الخرسانة:

تتركب الخرسانة من الركام والاسمنت وماء الخلط وفي بعض الأحيان تستخدم بعض الإضافات الكيميائية بغرض تحسين بعض الصفات المعينة للخرسانة.

حيث توزيع نسب المواد المختلفة المكونة للخرسانة (بالحجم) في اغلب الأحوال هي:

- الركام بنوعيه (كبير و صغير) بنسبة (60 – 70%).
- عجينة الاسمنت بنسبة (30 – 40%).
- فراغات بنسبة (1– 2%).

ويتضح إن الركام هو المكون الأساسي لجسم الخرسانة حيث يحتل حوالي 3/2 إلي 4/3 من حجم الخرسانة, والركام يعتبر مادة رخيصة نسبياً بالإضافة إلي انه يعمل تقليل التغير ألحجمي للخرسانة الناتجة من عملتي الشك و التصلد ومن تغير الرطوبة في عجينة الاسمنت, أما عجينة الاسمنت فتقوم بوظيفة فعالة وذلك بإيجاد التماسك بين الركام وإعطاء الخرسانة المطلوبة, وملئ الفراغات بين حبيبات الركام وتسهيل انزلاق الركام أثناء الصب.

١-٢-٣ الاسمنت Cement:

مقدمة:

الاسمنت هو مادة ناعمة, إذا أضفنا لها الماء تحصل علي مونه لزجة تتحول لصلدة بعد فترة من الزمن في الماء أو الهواء علي السواء. وبالتالي نقول أن الاسمنت خواص هيدروليكية, أي أن للاسمنت الكفاءة علي الشك والوصول إلي حالته الصلبة تحت الماء نتيجة لبعض التفاعلات الكيميائية المختلفة وتكوين منتجا مقاوما لتيارات الماء, ولذلك فان للاسمنت دور هام كمادة لاحمة مسئولة عن التلاصق بين المواد والعناصر المختلفة وهذا الدور يظهر في استخدام الاسمنت بكثرة في الأعمال الإنشائية والمعمارية, علي ذلك يكون من الضرورة معرفة عمليات صناعة وإنتاج الاسمنت البورتلاندي بأنواعه المختلة وكذلك تعيين ومعرفة التركيبات والخواص الكيميائية والطبيعية والتكوين البلوري لمكوناته وتفاعلاتها ودراسة التغيرات المختلفة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية بين مركبات الاسمنت والماء.

المواد الرئيسية المستعملة في صناعة الاسمنت هي, الحجر الجيري الذي يأتي أكسيد الكالسيوم والطين أو الطين السطحي الذي يحوي علي أكاسيد السليكا والألمونيوم وهذا المواد تطحن وتمزج ثم تفرغ في فرم وتصبح علي شكل clinker, تبرد بعدها وتطحن إلي النعومة المطلوبة.

تدخل في تركيب الاسمنت أربع مركبات أساسية هي:

١- سيليكات ثلاثي الكالسيوم(C_3S) Tricalcium silicate.

٢- سيليكات ثنائي الكالسيوم (C_2S)Dica lcium silicate.

٣- أليمونيات ثلاثي الكالسيوم (C_3A)Trica lcium aluminates.

٤- أليمونيات رباعي حديد الكالسيوم (C_4AF)Tetraca lcium aluminates ferrite.

٢-٢-٣خواص واختبارات الاسمنت

التجربة(١)

اختبار تعيين نعومة الاسمنت باستخدام منخل رقم (١٧٠)

Fineness of cement by the sieve No (170)

الغرض من التجربة:

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

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- منخل الاختبار: مكون من إطار قطره من (١٥٠ – ٢٠٠مم) وعمقه من (٤٠- ١٠٠مم) ومصنوعة من مادة غير قابلة للتآكل، ويزود الإطار بمنخل مقاس فتحته ٠٩,٠ مم (٩٠ ميكرون) مصنوع من نسيج الصلب أو الأسلاك المقاومة للصدأ أو التآكل، ويزود المنخل بصينية توضع تحته لمنع فقد المادة أثناء النخل.

٢- ميزان حساس بدقة ١٠مليجرام.

شكل رقم (١-٣) توضح المنخل القياسي ١٧٠والصينية السفلية.

خطوات الاختبار:

تقاس نعومة الاسمنت بنخله علي منخل ١٧٠ ثم تحديد نسبة الاسمنت المحتجزة فوق المنخل كما يلي:

١- تؤخذ عينة مقدارها ٥٠ جرام من الاسمنت موزونة لأقرب ٠,١ جرام.
٢- ترج عينة الاسمنت تحت الاختبار لمدة دقيقتين في زجاجة مغلقة لتفكيك أي تجمعات بها, ثم يتم تركها دقيقتين ثم تقلب باستخدام قضيب جاف لتوزيع الحبيبات الناعمة في الخلط.
٣- توضع الصينية تحت المنخل, ويتم وضع العينة الموزونة بعناية علي المنخل لتجنب فقدان أي جزء منها مع تفكيك أي تجمعات بها, ثم يغطي المنخل.
٤- تبدءا عملية النخل بتحريك المنخل حركات دورانية وأفقية حتى يتم التأكد من انتهاء عملية النخل وذلك عندما لا يزيد معدل المار من المنخل عن ٠,٠٥ جرام/الدقيقة, أثناء النخل يجمع ويوزن المتبقي فوق المنخل وليكن (W_1). ثم يتم تنظيف المنخل من أي حبيبات ناعمة جداً وعالقة.
٥- يتم تكرار الخطوات السابقة مع ٥٠ جرام أخري من عينة أخري من نفس الاسمنت المختبر ويحدد الوزن المتبقي, وليكن (W_2).

النتائج:

يتم حساب النسبة المئوية المتبقية علي المنخل للعينتين كما يلي:

$$R_1 = \frac{W_1}{50} \times 100$$

$$R_2 = \frac{W_2}{50} \times 100$$

حيث:

R_1 : النسبة المئوية للمتبقي للعينة الأولي.

R_2 : النسبة المئوية للمتبقي للعينة الثانية.

W_1: الوزن المتبقي علي المنخل للعينة الأولي جرام.

W_2: الوزن المتبقي علي المنخل للعينة الثانية بالجرام.

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

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

عند اختلاف النتائج بأكثر من ١% تجري عملية تحليل ثالثة و يؤخذ متوسط الثلاثة نتائج.

التجربة (٢)

اختبار تعيين نعومة الاسمنت باستخدام جهاز بلين

Determination of fineness of cement using Blaine Apparatus

الهدف من التجربة:

يهدف الاختبار إلي تحديد المساحة السطحية لحبيبات الاسمنت, والتي تساعد علي معرفة الاسمنت ومقارنة العينة المختبرة من الاسمنت بعينة مرجعية من الاسمنت معلوم لها مساحة السطحية النوعية.

الأجهزة والأدوات:

١- جهاز بلين للنفاذية: ويتكون من الأجزاء الآتية:
- خلية النفاذية. - القرص المنقب. – المانومتر - سائل المانومتر
٢- ساعة إيقاف.
٣- ميزان حساس.
٤- ترمومتر.
٥- قنينة الكثافة.

خطوات الاختبار:

١- تخلط عينة الأسمنت جيدًا برجها في زجاجة لمدة دقيقتين وبعدها بدقيقتين من الرج يقلب الأسمنت باستخدام قضيب جاف نظيف وذلك لتوزيع الحبيبات الناعمة في الخليط.
٢- تعين كثافة نفس العينة المختبرة من الأسمنت في قنينة الكثافة وسوف توضح هذه الطريقة فيما بعد في اختبار تعيين كثافة الأسمنت.

٣- يتم وضع السائل المانومتري في أنبوبة مانومتر الجهاز.

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

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

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

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

٨- يفتح صمام المانومتر ويرفع مستوى السائل ليصل إلى العلامة العليا بأنبوبة مانومتر الجهاز (العلامة١٥) ثم يغلق الصمام ويختبر التسرب ويضبط الإحكام إلي أن يثبت مستوى السائل.

٩- يتم فتح الصمام ويضبط مستوى السائل عند أعلى علامة (١) ثم تفتح الخلية ويحسب زمن سريان (T) سائل المانومتر بين العلامتين الأوسطتين من العلامة (ب) إلى العلامة (ج) ويسجل هذا الزمن لأقرب ٢,٠ ثانية كما تسجل درجة الحرارة لأقرب درجة مئوية.

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

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

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

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

حيث:

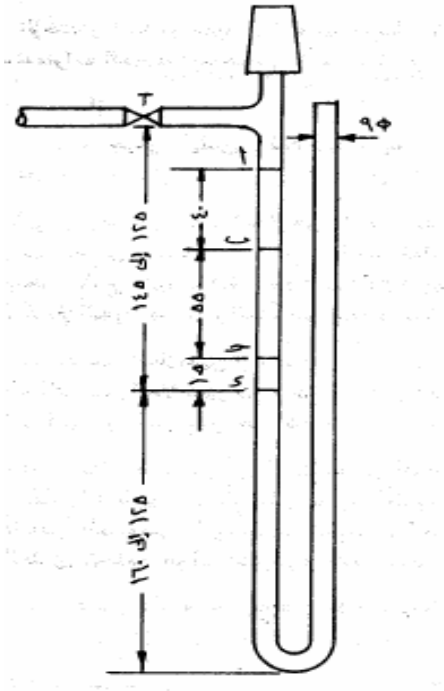
K: ثابت الجهاز.

T :متوسط الزمن المسجل الذي يستغرقه السائل المانومتري للهبوط.

حدود القبول أو الرفض:

جدول رقم (١-٣) يوضح: حدود القبول أو الرفض

٢٧٥٠سم٢ / جم	أسمنت بورتلاندى عادى.
٣٥٠٠سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى سريع التصلد.
٢٨٠٠سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى مقاوم للكبريتات.
٢٨٠٠ سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى منخفض الحرارة.
٢٧٠٠ سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى أبيض.
٣٠٠٠ سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى مخلوط بالرمل.
٤١٠٠ سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى نعومة ٤١٠٠.
٢٥٠٠ سم ٢ / جم	أسمنت بورتلاندى حديدي



كل رقم (٢-٣) توضح: جهاز بلين لتعيين نعومة الاسمنت و المانوميتر الموجود بجهاز بلين.

التجربة (٣)

اختبار قياس الكثافة النوعية للاسمنت

Specific Density of Cement

الهدف من الاختبار:

يهدف الاختبار لتحديد كثافة الاسمنت, وذلك بتحديد وزن وحدة الحجوم من مادة الاسمنت باستخدام قنينة لوشاتلية للكثافة, ولكن لا تنص المواصفات علي إجراء هذا الاختبار كاختبار قبول أو رفض للاسمنت, ولكن يتم تعيين الكثافة للاستفادة منها في تصميم الخلطات الخراسانية, أو لأي مقارنة بين أنواع الاسمنت المختلفة.

أجهزة الاختبار:

١- قنينة لوشاتلية للكثافة: تستخدم قنينة قياسية مستديرة المقطع بالشكل والأبعاد.
٢- كيروسين: خالي من الماء أو أي سائل لا تتفاعل مع الاسمنت.
٣- حمام مائي: لضمان تثبيت درجة الحرارة لفترة كافية.
٤- ميزان.

خطوات الاختبار:

١- تجهز وتزن ٦٤ جرام من عينة الأسمنت المراد اختباره لأقرب ٠٥,٠ جرام، يجرى الاختبار على العينات بنفس صور التي تم تسليمها عليها إلا إذا تم التوصية بغير ذلك.
٢- تملأ القنينة بالكيروسين حتى يصل إلى نقطة بين التدريجيين صفر و ١ ملليمتر، يجفف السطح الداخلي للقنينة أعلى مستوى الكيروسين إذا لزم الأمر.
٣- توضع القنينة المملوءة بالكيروسين في حمام مائي على أن تكون في وضع رأسي داخل الحمام المائي وتؤخذ قراءة ابتدائية لمستوى الكيروسين بالقنينة.
٤- توضع عينة الأسمنت المطلوب اختباراها داخل القنينة على دفعات صغيرة عند نفس درجة حرارة الكيروسين، ويراعى عند وضع الأسمنت داخل القنينة عدم فقد أي كمية منه أو التصاقه بالأسطح الداخلية للقنينة أعلى منسوب الكيروسين.
٥- بعد وضع كمية الأسمنت بأكملها داخل القنينة، توضع السدادة على فوهة القنينة ثم تحرك القنينة حركة دورانية في وضع مائل بحيث يتم طرد الهواء المحبوس بين حبيبات الأسمنت، ويستمر تحريك القنينة حتى يتوقف ظهور فقاعات هوائية من سطح الكيروسين داخل القنينة.

٦- توضع القنينة في الحمام المائي ثم تؤخذ القراءة النهائية.

النتائج:

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

الحجم المزاح من السائل = القراءة النهائية – القراءة الابتدائية

تحسب كثافة النوعية للأسمنت كما يلي:

$$\text{الكثافة النوعية للأسمنت} = \frac{\text{كتلة الأسمنت(جم)}}{\text{الحجم المزاح من السائل(سم٢)}}$$

التجربة (٤)

اختبار تعيين الوزن الحجمي للاسمنت

الهدف من التجربة:

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

أجهزة الاختبار:

١- مخروط معدني له بوابة مناسبة يسهل تركيبها وفتحها لحجز الأسمنت المختبر.

٢- وعاء حجمه لتر.

٣- حامل ثلاثي.

خطوات الاختبار:

١- يتم وضع ٢لتر من الأسمنت في مخروط الاختبار المعدني.

٢- تفتح البوابة ليسقط في الوعاء السفلى تحت تأثير وزنه ويملأ الوعاء.

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

٤- يتم حساب الوزن الحجمى للأسمنت من العلاقة الآتية:

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

وعموما يتراوح الوزن الحجمى للأسمنت ما بين ١٠٠٠ : ١١٠٠ كجم/م٣

التجربة (٥)

اختبار القوام (تحديد نسبة الماء اللازمة للعجينة الأسمنتية)

Water Required for Cement Paste of Standard Consistency

تعريف القوام القياسي:

بأنه كمية المياه اللازمة لتشكيل عجينة ذات قوام قياسي وهى الكمية التي تعطي عجينة تسمح بنفاذ الطرف الاسطواني لجهاز فيكات إلي نقطة تبعد (٥ ± ١ ملليمتر) من قاع قالب فيكات عند اختبار عجينة الأسمنت.

الهدف من التجربة:

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

الأجهزة المستخدمة:

١- جهاز فيكات: للجهاز طرف اسطواني مثبت بالأجزاء المتحركة من معدن غير قابل للتآكل أو الصدأ طوله الفعال ٥٠ ± ١ ملليمتر وقطره ١٠ ± ٠,٠٥ملليمتر.

٢- قالب العجينة : يصنع قالب العجينة من المعدن أو المطاط الصلد أو البلاستيك على شكل مخروط ناقص عمقه ٤٠±٢ ملليمتر, وقطره الداخلي العلوي ٧٠□± ٥ ملليمتر, والسفلى ٨٠□± ٥ مللمتر, ومزود القالب بقاعدة زجاجية أبعادها أكبر من أبعاد القالب.

٣- مسطرين قياسي :زنة ٢١٠ جم.

٤- مخبار مدرج.

٥- ميزان حساس.

٦- لوح غير مسامي يوضع عليه عينة الأسمنت للخلط.

خطوات الاختبار:

تجرى التجارب في مكان درجة حرارته ٢٥ ± ٢ درجة مئوية ورطوبته النسبية أكثر من ٥٠% ، وعلى أن تكون درجة حرارة كل من الأسمنت والماء المستخدمين هي نفس درجة الحرارة التي يجرى عندها الاختبار.

تعين كمية الماء اللازمة لتكوين عجينة الأسمنت ذات القوام القياسي بتجربة عدة محاولات لنفاذ الأسطوانة في عجائن ذات محتوى ماء مختلف، وتحديد بعد الأسطوانة من قاع القالب كما يلي:

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

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

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

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

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

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

٧- تنظيف الأسطوانة فور عملية الغرز، ويكرر الاختبار مع عجائن تحتوى على نسب مختلفة من الماء إلى أن تصل إلى عجينة تسمح بنفاذ الاسطوانة إلى نقطة تبعد ٥±١ ملليمتر من قاعدة القالب ويسجل محتوى الماء لأقرب ٠,٥% ليمثل كمية الماء اللازمة لإعداد عجينة الأسمنت ذات القوام ا لقياسي.

وقد تتراوح نسبة الماء اللازمة لتشكيل العجينة الأسمنتية القياسية بين ٢٥- ٣٠% من وزن عينة الاسمنت.

شكل رقم (٣-٣) توضح: جهاز فيكات لتعيين القوام القياسي وتعيين زمن شك للأسمنت

التجربة(٦)

اختبار تحديد زمن الشك الابتدائي والنهائي للاسمنت باستخدام جهاز فيكات

Initial and Final Setting Times of Cement Paste Using Vicat's Apparatus

الهدف من الاختبار:

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

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

الأجهزة المستخدمة:

جهاز فيكات كما موضح في الشكل رقم (٣-٣).

١- قالب العجينة.

٢- إبرة قياس زمن الشك الابتدائي :وتصنع من الصلب على شكل أسطوانة قائمة بطول فعال ٥٠±١ ملليمتر وقطر ١,١٣± ٠,٥ملليمتر.

٣- إبرة قياس زمن الشك النهائي :تصنع من الصلب على شكل أسطوانة قائمة بطول فعال ٣٠ ±□١ ملليمتر وقطر ١,١٣± ٠,٥ ملليمتر ومثبت بها حلقة قطرها ٥ ملليمتر عند طرف الإبرة الحرة بحيث تكون المسافة بين نهاية الإبرة وبداية الحلقة ٠,٥ ملليمتر.

٤- قالب العجين

٥- مسطرين.

٦- مخبار مدرج.

٧- ميزان حساس

٨- لوح غير مسامي.

خطوات الاختبار:

١/ العينات:

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

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

٢/ العينة ذات القوام القياسي:

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

٣/ تحديد زمن الشك الابتدائي:

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

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

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

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

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

٤/ تحديد زمن الشك النهائي:

١- تستخدم إبرة تحديد زمن الشك النهائي, وتتبع نفس الخطوات المتبعة في تحديد زمن الشك الابتدائي على أن تزداد الفترة بين اختبارات الغرز إلى ٣٠ دقيقة.

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

٣- القبول والرفض:

يجب أن يطابق زمن الشك الابتدائي لجميع أنواع الأسمنت الاشتراطات الواردة في جدول (٢-٣), وألا يزيد زمن الشك النهائي عن ١٠ ساعات لجميع أنواع الأسمنت.

جدول رقم (٢-٣) يوضح: القيم المميزة الاشتراطات زمن الشك الابتدائي

رُتب مقاومة الضغط (نيوتن/مم٢)	زمن الشك الابتدائي (دقيقة)
٣٢,٥	≤ ٧٥
٤٢,٥	≤ ٦٠
٥٢,٥	≤ ٤٥

التجربة (٧)

اختبار تقدير ثبات الحجم (التمدد) للاسمنت بطريقة لوشاتليه

Le Chatelier Expansion of Cement

الهدف من الاختبار:

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

الأجهزة المستخدمة:

١- قالب لوشاتلية كالموضح في شكل رقم (٤-٢), ويصنع القالب الأسطواني من سبيكة نحاسية خاصة بها شق طولي غير قابلة للتآكل أو التفاعل مع الأسمنت أو الماء وللقالب ذراعان .وتكون مرونة القالب بحيث يؤدى تأثير كتلة مقدارها ٣٠٠ جرام إلى زيادة المسافة بين نهايتي الذراعين بمقدار ١٧,٥±٢,٥ملليمتر دون حدوث تشكل دائم .ومع كل قالب لوحان من الزجاج يستخدمان كقاعدة وغطاء وتكون أبعاد الألواح أكبر من قطر الأسطوانة ولا يقل وزن لوح الغطاء عن ٧٥ جرام، ويمكن أن يستعان بكتل صغيرة توضع على لوح أخف لتعويض النقص في هذا الوزن وذلك إذا لزم الأمر.

٢- حمام مائي.

٣- ميزان حساس.

٤- مخبار مدرج.

خطوات الاختبار:

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

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

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

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

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

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

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

ت- يوضع القالب في الحمام المائي عند درجة ٢٥±١ درجة مئوية ثم ترفع درجة الحرارة تدريجياً حتى الغليان في فترة ٣٠ ±□٥ دقيقة ثم تترك المجموعة عند درجة الغليان لمدة ٢ساعة ±٥ دقائق.

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

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

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

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

النتائج:

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

$$E_B = B - A$$

حيث:

E_B : تمدد الاسمنت. A: القراءة الابتدائية. B: القراءة النهائية.

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

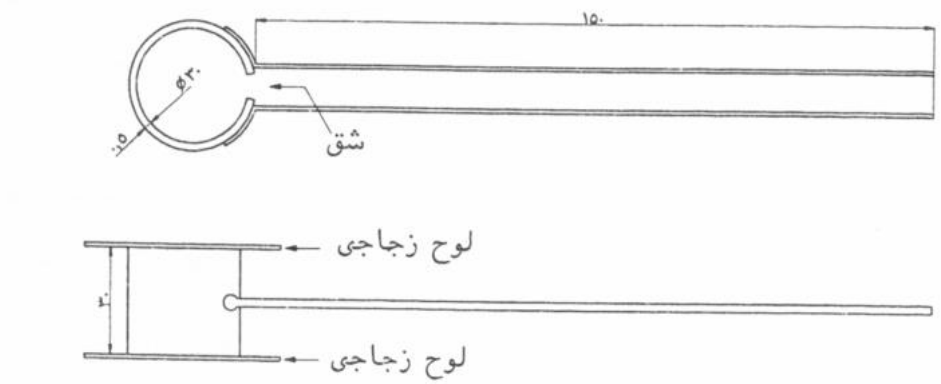
$$E_C = D - C$$

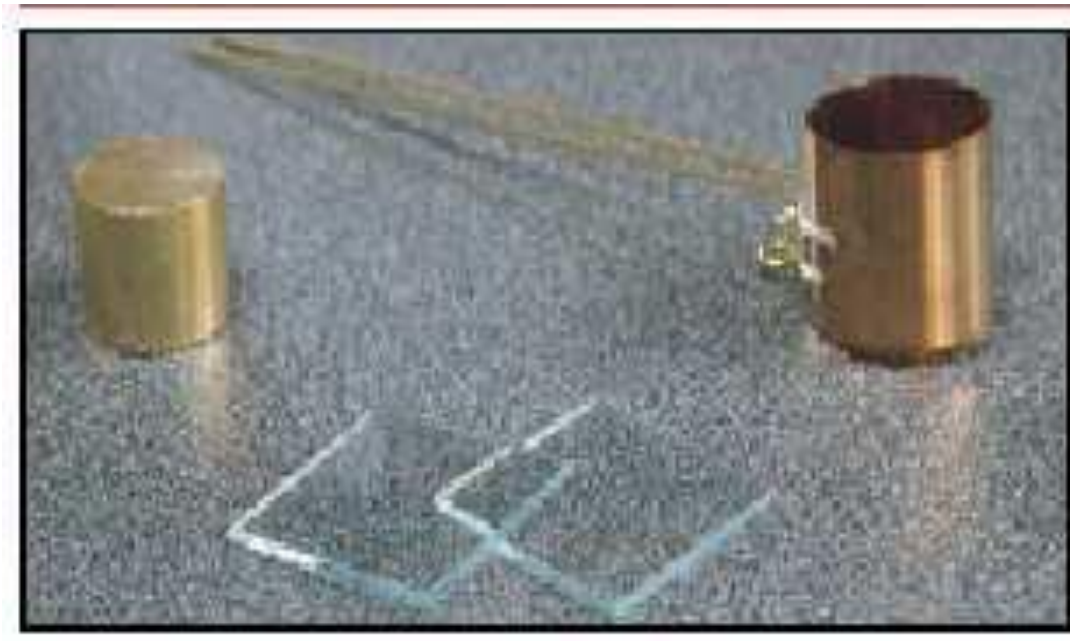
حيث:

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

حدود القبول والرفض:

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





شكل رقم (٤-٣) يوضح: قالب لوشاتيله

التجربة (٨)

اختبار تحديد مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية

Compressive Strength of Cement Mortars

الهدف من الاختبار:

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين مقاومة الضغط لمونه الأسمنت باختبار مكعبات قياسية من مونه الأسمنت. ويتم خلطها يدوياً أو ميكانيكي وتدمك ميكانيكياً بماكينة اهتزاز قياسية .ويعتبر هذا الاختبار اختبار قبول أو رفض للأسمنت، ويجرى على جميع أنواع الأسمنت.

الأجهزة المستخدمة:

١- أجهزة الوزن والأثقال.

٢- المخابير المدرجة.

٣- مناخل قياسية ذات فتحات مربعة من نسيج أسلاك فتحتها ٨٥٠ ميكرون، ٦٠٠ ميكرون.

٤- مسطرين الخلط.

٥- ماكينة الاهتزازات.

٦- حوض المعالجة.

٧- ماكينة اختبار الضغط.

قوالب الاختبار:

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

العينات المختبرة:

- يتم اختبار ثلاثة مكعبات بأبعاد٧٠,٧×٧٠,٧×٧٠,٧ ملليمتر عند كل عمر اختبار مطلوب.

خطوات الاختبار:

١- تكون درجة الحرارة والرطوبة النسبية أثناء خلط وصب العينات كما هو موضح بالجدول رقم (٣-٣).

الجدول (٣-٣) يوضح: اشتراطات الحرارة والرطوبة النسبية و التفاوتات المسموح بها.

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

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

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

٣- تحضر الأوزان اللازمة (الرمل والأسمنت والماء) لكل مكعب كما هو موضح بالجدول رقم (٤-٣).

الجدول رقم (٤-٣) يوضح: نسب الخلط للمكعب الواحدة

نوع الاسمنت	المواد	النسب بالوزن	الوزن (جرام)
كل أنواع الاسمنت ما عدا الاسمنت عالي المقاومة.	اسمنت	١	١±١٨٥
	رمل	٣	١±٥٥٥
	ماء	٠,٤	١□±□□٧٤
الاسمنت عالي المقاومة	اسمنت	١	١±١٩٠
	رمل	٣	١±٥٧٠
	ماء	٠,٤	١± ٧٦

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

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

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

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

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

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

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

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

١٢- توضع المكعبات على أحد جوانبها وهى لا تزال مشبعة بالماء على الفك السفلى لماكينة قياس مقاومة الضغط (ويراعى ألا يستخدم حشو بين المكعب والفك) ، ثم يطبق الحمل ويزداد تدريجيا وبانتظام بمعدل قدره ٣٥ نيوتن / مم٢ في الدقيقة، على أن يكون محورًا العينة والحمل متطابقين تماما.

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

النتائج:

- تحسب مقاومة الأسمنت للضغط من متوسط مقاومة الضغط لثلاث عينا ت مختبرة عند نفس العمر مع تقريب النتائج لأقرب ٠,٥ نيوتن / مم٢ كما يلي:

  مقاومة الضغط = متوسط حمل التهشيم/المساحة المعرضة للحمل

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

حدود القبول والرفض:

تكون حدود القبول أو الرفض لمقاومة الضغط كما هو موضح بالجدول (٥-٣).

جدول (٥-٣)

نوع الاسمنت	بعد ٢٤ ساعة لا تقل عن	بعد ٣ أيام لا تقل عن	بعد ٧ أيام لا تقل عن	بعد ٢٨ يوماً لا تقل عن
أسمنت بورتلاندي عادي	-	١٨	٢٧	٣٦
أسمنت بورتلاندي سريع التصلد	-	٢٤	٣١	٤٠
أسمنت بورتلاندي مقاومة للكبريتات	-	١٨	٢٧	٣٦
أسمنت بورتلاندي منخفض الحرارة	-	٧	١٣	٢٧
الاسمنت البورتلاندي المخلوط بالرمل	-	١٢	٢٠	٢٧
أسمنت بورتلاندي ذو النعومة٤١٠٠	١٠	٥	٣٢,٥	٤٠
أسمنت حديدي	-	١٣	٢١	٣٤

ماكينة الضغط للمونة الاسمنتية

مجموعة من ثلاث قوالب مكعبة للمونة

شكل رقم (٥-٣) يوضح: ماكينة الضغط للمونة الأسمنتية ومجموع ثلاث مكعبات

التجربة (٩)

اختبار تحديد مقاومة الانحناء للمونة الأسمنتية

Flexural Strength of Cement Mortar

الهدف من الاختبار:

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

الأجهزة المستخدمة:

١- الموازين والمناخل و المخابير المدرجة و الخلاط الميكانيكي.

٢- منضدة الانسياب وقالب الانسياب.

٣- قوالب العينات :القوالب للعينات المنشورة ذات المقاس ٤٠×٤٠×١٦٠ ملليمتر تكون مجهزة لإعداد ثلاث عينات ويتم صب العينات بحيث يكون محورها أفقيا. ويلزم أن تكون القوالب مصنوعة من معدن صلد لا يتأثر بمونة الأسمنت وله صلادة لا تقل عن ٥٥ بمقياس روكويل . يجب أن تكون أجزاء القالب مزودة بعلامات تبين الجوانب التى يتم تجميعها سويا وعندما تكون مجمعة يجب أن تكون غير منفذة ومتماسكة بشدة.

٤- أداة الدمك. ٥- دليل الدمك. ٦- المسطرين.

٧- حوض المعالجة. ٨- جهاز اختبار الانحناء. ٩- ماكينة اختبار الضغط.

العينات المختبرة:

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

شكل رقم (٦-٣) يوضح: القوالب المنشورية الخاصة باختبار الانحناء للمونة مقاس ٤٠*٤٠*١٦٠مم

خطوات الاختبار:

١- تكون درجة الحرارة لغرفة الخلط أثناء خلط وصب العينات وكذلك الأسمنت والرمل والقوالب ٢٣±٢ درجة مئوية وألا تقل الرطوبة النسبية عن ٥٠%، على أن تكون درجة حرارة غرفة المعالجة ٢٠□±□٢ درجة مئوية وألا تقل الرطوبة النسبية عن٩٠%.

٢- يستخدم رمل قياسي كما هو موضح باختبار مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية.

٣- تحضر الأوزان اللازمة (الرمل والأسمنت والماء) لكل منشور كما هو موضح بالجدول رقم (٤-٣) في اختبار الضغط للمونة الأسمنتية.

٤- يتم إعداد كميات تكفى لملء مجموعة واحدة من القوالب (٣ عينات منشورية).

٥- في حالة استخدام كميات غير ما هو وارد بالجدول فيتم اختيار كمية المياه بحيث تحقق انسيابًا قدره ١١٠±□٥% مع ٢٥ طرقة لمنضدة الانسياب.

٦- يتم إعداد قوالب العينات للاختبار ويتم تغطية أسطح تلامس أجزاء القوالب بطبقة رقيقة من زيت معدني ثقيل أو شحم خفيف.

٧- يتم خلط مكونات المونة بالخلاط الميكانيكي

٨- يتم فرد طبقة من المونة بسمك حوالي ٢٠ ملليمتر في كل من القوالب الثلاثة في وجود دليل الدمك ثم يتم دمك المونة في كل قالب ١٢ ضربة في ثلاث دورات بكل دورة أربع ضربات ويتم عمل الضربات في حوالي ١٥ ثانية مع مراعاة أن يكون وجه أداة الدمك في وضع أفقي أعلى المونة بحوالي ٢٥ ملليمتر وأن يتم الضغط إلى أسفل مباشرة بقوة كافية لخروج كمية صغيرة من المونة من تحت أداة الدمك ويتم ملء القوالب بالطبقة الثانية من المونة ويتم دمكها كما سبق. يزال دليل الدمك ويتم تسوية السطح بالمسطرين.

٩- يتم حفظ عينات الاختبار بعد الصب مباشرة داخل القوالب في حجرة المعالجة الرطبة لمدة ٢٤±٠,٥ ساعة محسوبة من نهاية الخلط مع حماية سطحها من الماء المتساقط ثم يتم إخراج العينات من القوالب وتغمر في الماء في حوض المعالجة ويتم الحفاظ على نظافة ماء الخلط بتغييره كلما لزم الأمر.

١٠- يتم اختبار العينات مباشرة بعد إزالتها من غرفة الرطوبة للعينات المختبرة عند عمر ٢٤ ساعة ومن حوض الماء للعينات الأخرى .ويتم كسر جميع العينات في العمر المحدد للاختبار.

١١- ولكن عندما يكون من المخطط اختبار أجزاء من المنشورات لتحديد مقاومة الضغط يتم اختبار العينات مبكرا بحيث يمكن إجراء اختبار الضغط في نفس حدود السماحية السابقة.

١٢- يتم تجفيف كل منشور باستخدام قطعة من القماش الرطب ليصبح سطحه جافا ويتم إزالة أي حبيبات رمل مفككة وأي زيادات من السطح الذي سيستخدم للتحميل والارتكاز. ويتم الكشف على هذه الأسطح باستخدام حافة مستوية.

١٣- يتم تركيز قاعدة جهاز الاختبار قرب منتصف المرتكز الكروي العلوي مع مراعاة أن يكون بحر العينة ١٢٠ مم, ويتم وضع العينة بحيث ترتكز على أحد جانبيها وبحيث يكون محورها في منتصف المرتكزات ويتم التأكد من أن حافة التحميل تمس العينة بانتظام عند بداية التحميل ويتم تحديد الحمل الأقصى لأقرب ٢٠ نيوتن.

النتائج:

- يحدد حمل الكسر p_{max} ومنه يحسب إجهاد الكسر في الانحناء f_m والذي يسمى معاير الكسر من العلاقة التالية:

$$f_m = \frac{My}{I}$$

- f_m : معايرة الكسر أو مقاومة الانحناء – كج/ سم٢.
- p_{max} : حمل الكسر – كج.
- M : عزم الانحناء المؤثر - كج.سم = ٣,٠× p_{max} .
- Y-:نصف ارتفاع الكمرة = ٢ سم.
- I : عزم القصور الذاتي للقطاع سم٤ = (٤)٤ / ١٢ .

بالتعويض في المعادلة تصبح قيمة مقاومة الانحناء (معايرة الكسر)=

$$f_m = 0.28_{max} km/cm^2$$

- يلاحظ عند حساب المتوسط المستخدم في حساب المقاومة أن تستبع القيم التي تعطى مقاومة تختلف بمقدار يزيد عن ١٥ % من متوسط قيمة نتائج كل عينات الاختبار والمصنعة من نفس المونة.

التجربة (١٠)

اختبار مقاومة الشد للمونة الأسمنتية

Tensile Strength of Cement Mortars

الهدف من الاختبار:

يهدف هذا الاختبار إلى تعيين مقاومة الشد لمونة أسمنتية في شكل طوبية. ويستخدم بصفة عامة في الأبحاث لتحديد مقاومة الشد المباشر للأسمنت. هذا الاختبار اختياري نظرًا لأن مقاومة الشد للأسمنت حوالي (١٠/١ ـ ١٥/١) من مقاومة الضغط وكذلك نظرًا لما يصاحب هذا الاختبار من تشتت كبير في النتائج. ولا يعتبر هذا الاختبار اختبار قبول أو رفض للأسمنت.

الأجهزة المستخدمة:

١- أجهزة الوزن والأثقال. ٢- المخابير المدرجة.

٣- المناخل. ٤- مسطرين الخلط.

٥- القالب: يصنع القالب المستخدمة في إعداد عينة الاختبار من معدن لا يتأثر بمونة الاسمنت ويكون ذات سمك كاف يمنع تشكيله أثناء الصب.

٦- أداء الدمك. ٧- ماكينة الاختبار.

٨- كلابات: الكلابات المستخدمة لامساك عينة اختبار الشد.

خطوات الاختبار:

١- يجب أن تكون درجة الحرارة أثناء خلط وصب العينات وكذلك المواد الجافة والقالب في حدود ٢٠ إلى ٢٧,٥ درجة مئوية وألا تقل الرطوبة النسبية عن ٥٠% ، وتكون درجة حرارة ماء الخلط وغرفة الخلط وغرفة المعالجة ٢٠±١ درجة مئوية وألا تقل الرطوبة النسبية عن ٩٠%.

٢- يجب أن يستخدم رمل قياسي وكما موضح باختبار مقاومة الضغط للمونة الأسمنتية.

٣- يتم تحديد نسبة الماء لعجينة الأسمنت ذات القوام القياسي.

٤- تحضر الكميات اللازمة لعمل عدد ست عينات من مونة الأسمنت نسبة جزء واحد بالوزن من الأسمنت إلى ثلاثة أجزاء بالوزن من الرمل القياسي.

٥- يعد قالب الاختبار وذلك بربط جزأيه ووضعه مرتكزا على القاعدة وتغطية أوجهه الداخلية والقاعدة بطبقة رقيقه من الزيت الخفيف.

٦- يخلط الأسمنت مع الرمل الجاف بالمسطرين على سطح مستوى غير مسامي لمدة دقيقة ثم يضاف الماء وتخلط المونة خلطا جيدا لمدة أربع دقائق ويراعى أن تكون أجهزة الخلط نظيفة.

٧- يتم ضغط المونة داخل القالب باستخدام إصبع الإبهام اثنتي عشرة مرة على كامل مسطح العينة الواحدة.

٨- يتم حفظ عينات الاختبار بعد الصب مباشرة في حجرة المعالجة الرطبة لمدة ٢٤ ± ٥ ساعة محسوبة من نهاية الخلط مع حماية سطحها من الماء المتساقط. ثم يتم إخراج العينات من القوالب وتغمر في ماء مشبع بالجير فى أحواض مصنعة من مادة غير قابلة للتآكل.

٩- يتم اختبار العينة مباشرة بعد رفعها من غرفة الرطوبة للعينات المختبرة عند عمر ٢٤ ساعة ومن حوض الماء للعينات الأخرى .ويتم كسر جميع العينات في العمر المحدد للاختبار.

١٠-يتم تجفيف أسطح جميع العينات بحيث يصبح سطحها جافا ويتم إزالة أي حبيبات رمل مفككة أو زيادات على السطح الذي سيتلامس مع الكلابات في ماكينة الاختبار. وتحمل العينة بحمل يبدأ من الصفر ويزداد تدريجيا بمعدل منتظم مقداره ٤٠٠ نيوتن /١٠ ثوان وذلك حتى الكسر. ويتم تدوين الحمل الأقصى الكلى المبين في ماكينة الاختبار.

النتائج:

يتم حساب مقاومة شد مونة الأسمنت والمعبر عنها بإجهاد الشد كما يلي:

$$\text{إجهاد الشد} = \frac{\text{حمل الشد (متوسط ست عينات)}}{\text{المسافة المعروضة للتحميل}} \text{ (نيوتن/مم٢)}$$

- يلاحظ عند حساب المتوسط المستخدمة في حساب المقاومة أن تستبعد القيم التي تعطي مقاومة تختلف بمقدار يزيد عن ١٥% من المتوسط قيمة نتائج كل عينات الاختبار المصنعة من نقس المونة.

حدود القبول الرفض:

- بالنسبة للاسمنت البورتلاندي ذي النعومة ٤١٠٠ لا يقل متوسط مقاومة الشد لست عينات عما هو مبين في الجدول رقم (٦-٣).

جدول رقم (٦-٣)

العمر(يوم)	مقاومة الشد (نيوتن/مم٢)
يوم واحد	٢,٥
ثلاثة أيام	٣,٠
سبعة أيام	٣,٠
ثمانية وعشرون يوماً	٤,٥

شكل رقم (٧-٣) توضح قالب عينة مقاومة الشد وكلابة ماكينة مقاومة الشد للمونة الأسمنتية

٣-٢-٣الركام Aggregate :

مقدمة:

يتكون الركام عادة من خليط من الرمل (الركام الناعم) و الحصي (الركام الخشن) والركام يشكل حوالي (70 _ 80%) من الحجم الكلي للخرسانة وبذلك يكون لخواصه تأثير كبير علي خواص الخرسانة لذلك يجب أن يكون الركام ذات مقاومة جيدة ولحصول ذلك يجب أن تكون حبيباته صلبة, قوية, نظيفة خالية من المواد الغريبة كما يجب ألا تزيد نسب المواد الناعمة والمواد الأخرى عن القيم التي تحددها المواصفات الفنية.

أنواع الركام من حيث طرق الحصول عليه:

١. الركام الطبيعي: يؤخذ عادة من مجاري الأنهار أو من تكسير الصخور, والخرسانة التي يستخدم فيها هذا النوع من الركام تعطي كثافة بحدود ($24km/m^2$).
٢. الركام الصناعي: يصنع من الطين المحروق أو من خبث الحديد أو غيرها من المواد.

أنواع الركام من حيث قطر حبيباتها:

١. الركام الناعم.
٢. الركام الخشن.

أهمية الركام بنوعيه (الناعم و الخشن) في الخلطة الخراسانية:

١- يزيد من مقاومة المقطع فهو يمثل مقاومة المقطع الخراساني للضغط.
٢- يساعد علي التقليل من التغيرات الحجمية.
٣- ذو تكلفة اقتصادية قليلة.

الخواص الفيزيائية للركام:

١- شكل وحجم حبيباته.
٢- التدرج الحبيبي.
٣- الوزن الحجمي.
٤- الوزن النوعي.
٥- نسبة الفراغات.
٦- المحتوي المائي (الرطوبة).
٧- درجة امتصاص الماء.

الخواص الميكانيكية للركام:

١- الصلابة ومقاومة التهشم.
٢- مقاومة التآكل.
٣- مقاومة السحق.

٤-٢-٣خواص واختبارات الركام:

التجربة (١)

اختبار تعيين الوزن النوعي الظاهري للركام

Determination of Specific Weight for Coarse and Fine Aggregates

تعريف الوزن النوعي:

هو وزن وحدة الحجم من الركام (بما في ذلك فراغات الحبيبات) ويعين الوزن النوعي الظاهري علي أساس عينة اختبار جافة (عادة للركام الصغير) أو علي أساس عينة اختبار مشبعة بالماء وسطحها جافة (عادة للركام الكبير).

الوزن النوعي الظاهري للركام الصغير والركام الكبير هو ناتج قسمة وزن الركام علي وزن الماء المساوي له في الحجم (وزن الماء المزاح).

طريقة إجراء الاختبار:

١- تغسل عينة الاختبار من الركام الصغير أو الركام الكبير لإزالة التربة منه ثم تجفف في فرن تجفيف درجة حرارته تتراوح (100 – 110درجة مئوية), ثم تبرد العينة في مجفف وتوزن وتعاد عملية التجفيف والتبريد والوزن عدة مرات إلي أن يثبت الوزن وليكن هذا الوزن (W_1).

٢- في حالة الركام الصغير يسكب ماء درجة حرارته بين (15˚- 25˚) في قنينة الوزن النوعي بحيث يعلو إلي أي علامة مناسبة علي الجزء المدرج من القنينة ثم يضاف الركام الصغير إلي درجة القنينة, ويترك مغموراً لمدة ساعة. ويجب إزالة فقاقيع الهواء الموجود وذلك بطريق القنينة طرقاً خفيفاً.ويعين حجم الركام الخفيف من الفرق بين القراءة الأُولي للماء علي الجزء المدرج (A) والقراءة الثانية بعد ساعة من إضافة الماء الصغير(B).

٣- وفي حالة الركام الكبير تصب كمية معلومة الحجم من الماء في وعاء معلوم حجمه وليكن (C) إلي ما يقرب من منتصفه. ثم يضاف كمية من الركام الكبير الجاف ذات وزن معلوم (W_2) لتملأ نصف الوعاء تقريباً. ويترك الركام الكبير مغموراً في الماء لمدة ساعة, ويزال الهواء المحبوس بتقليب الماء بعناية بواسطة قضيب ثم تضاف كمية أخري من الماء إلي أن يمتلئ الوعاء تماماً, ثم يعين حجم الماء المستعمل جميعه وليكن (D).

النتائج:

- الوزن الظاهري للركام الصغير = $\frac{W_1}{B-A}$.
- الوزن الظاهري للركام الكبير= $\frac{W_2}{C-D}$.

المواصفات القياسية:

الجدول رقم (٧-٣) يوضح: الوزن الظاهري بالتقريب لأنواع مختلفة من الركام

نوع الركام	حدود الوزن الظاهري
الرمل	2.75 – 2.50
الزلط	2.75 – 2.50
الحجر الجيري	2.60 – 2.40
الجرانيت	2.80 – 2.60
البازلت	2.80 – 2.60

التجربة (٢)

اختبار تعيين الوزن الحجمي (الكثافة الظاهرية) للركام

Determination of Unit Weight of Aggregates

تعريف الوزن الحجمي:

هو وزن وحدة الحجم من المادة (وتشمل فراغات الحبيبات والفراغات بينهما). والوزن الحجمي للركام المكبوس أو غيره هو ناتج قسمة وزن الركام علي الحجم الذي يشغله هذه الركام.

الغرض من التجربة:

هو معرفة وزن المتر المكعب لكل من الرمل المكبوس (المدكوك) و الزلط.

عينة الاختبار:

- الرمل: تحضير عينة من الرمل وزنها حوالي خمس كيلوجرام.
- الزلط: تحضير عينة من الزلط وزنها حوالي خمس وعشرين كيلوجرام.

الأجهزة المستخدمة:

١- قضيب دمك معدني مستقيم بقطر حوالي 16مم وطوله لا يقل عن 50 سم وأن يكون احد طرفيه علي شكل مخروطي بنهاية مستديرة.

٢- ميزان حساس.

٣- وعاء معدني اسطواني الشكل ذو مقابض تكون سعته ومقاساته كما هو مبين بالجدول (٨-٣).

الجدول رقم (٨-٣) يوضح: أبعاد أوعية اختبار الوزن الحجمي ونسب الفراغات للركام

المقاس الاعتباري الأكبر للركام (مم)	سعة الوعاء (لتر)
38,1	30
أقل من 38,1حتى 4,75	15
4,75	3

حالة عينة الاختبار:

يجري الاختبار علي ركام جاف كما يمكن إجراء علي ركام يحتوي علي نسبة مئوية من الرطوبة وتحدد حالة الركام وقت إجراء الاختبار كما يلي :

- ركام مجفف بالفرن
- ركام مشبع بالماء وسطحه جاف
- ركام به نسبة مئوية محدد من الرطوبة

طريقة إجراء الاختبار:

- تحديد سعة الوعاء حسب المقاس الاعتباري الأكبر للركام وليكن (A).
- يوزن الوعاء فارغاً ونظيفاً وجافاً.
- يملأ الوعاء بالركام المكبوس أو غير المكبوس.

- **الركام المكبوس:**

يملأ الوعاء المعلوم سعته الحقيقية (A) لثلثه للركام المخلوط خلطاً جيداً، ويكبس بقضيب الكبس 25 مرة. ثم يضاف مقدار أخر مساوي له في الكمية ويدمك 25 مرة أخري، وبعد ذلك يملأ الوعاء لأكثر من سعته ويدمك 25 مرة ثالثة، ثم تزال الزيادة باستعمال قضيب الدمك كمسطرة تسوية.

- **الركام غير المكبوس:**

يملأ الوعاء لأكثر من سعته بواسطة جاروف من ارتفاع لا يزيد عن 5سم من فوق الوعاء. ويجب اتخاذ العناية الكافية ما أمكن لمنع انفصال الأحجام المختلفة المكونة لعينة الاختبار، ثم يزال الركام الزائد عن سعة الوعاء باستعمال قضيب الدمك كمسطرة تسوية.

- يعين الوزن الصافي الذي يملأ الوعاء وليكن (W).

النتائج:

$$\text{الوزن الحجمي للركام} = \frac{W}{A}$$

حيث:

W= الوزن الصافي للركام.

A= سعة الوعاء الحقيقية.

ثم يحسب من ذلك وزن المتر المكعب بالكيلوجرام. كما يجب أن يعين الوزن الحجمي للركام عن طريق إجراء ثلاثة اختبارات علي الأقل بحيث لا يتعدي تغيير نتائج ذلك الاختبارات عن ±١%.

القيم القياسية:

الجدول رقم (٩-٣) يوضح: الوزن الحجمي التقريبي للركام المكبوس الجاف لأنواع مختلفة من الركام

نوع الركام	حدود وزن المتر المكعب (كجم/م٣)
الرمل	1850 – 1500
الزلط	1800 – 1600
الركام الشامل (زلط و رمل)	2000 – 1700
كسر الحجر الجيري والجرانيت والبازلت	2000 – 1500

وتؤثر الرطوبة في الوزن الحجمي تأثيراً كبيراً فتنخفض قيمة الوزن الحجمي في جود كمية بسيطة من الرطوبة لأنها تمنع ألتصاف الحبيبات ببعضها البعض وبالذات الحبيبات الصغيرة، وتزداد قيمة الوزن الحجمي بعد بازدياد الرطوبة لتكون طبقة سميكة منها تساعد علي ارتباط الحبيبات.

التجربة (٣)

اختبار التدرج الحبيبي للركام (التحليل المنخلي للركام)

Sieve Analysis of Aggregates

التعريف:

يقصد باختبار التدرج الحبيبي فصل المقاسات المختلفة من الركام بعضها عن بعض, أي تعيين التوزيع الحجمي لحبيبات الركام. وذلك يكون باستخدام التحليل المنخلي Sieve Analysis بواسطة مجموعة من المناخل مرتبة حسب مقاس فتحتها وموضوعة فوق بعضها البعض بحيث يكون أكبرهاً مقاساً من الأعلى.

الأجهزة المستخدمة:

١- ميزان لا يقل دقته عن ± 0.1% من قيمة وزن العينة.

٢- مجموعة من الناخل القياسية:(0.075 ، 0.150 ، 0.300 , 0.600 ، 1.18 ، 2.36 , 4.75 ، 9.5 , 12.5 , 19 , 25 , 38.1 , 50 , 63 , 75 , 90)

٣- فرن تجفيف.

تجهيز عينة الاختبار:

- يتم تحديد وزن عينة الاختبار طبقاً للجدول رقم (١٠-٣). و يمكن في حالة الركام الشامل أن يفصل أولاً إلي جزئيه الناعمة علي منخل مقاس فتحته 4.75 مم.

الجدول رقم (١٠-٣) يوضح:الحد الأدنى لوزن عينة الاختبار

نوع الركام	الوزن (كجم)
ركام كبير مقاسه الأكبر حتى 63مم	30
ركام كبير مقاسه الأكبر حتى 40مم	15
ركام كبير مقاسه الأكبر حتى 20مم	10
ركام كبير مقاسه الأكبر حتى 10مم	5
ركام كبير مقاسه الأكبر حتى 4مم	1
ركام ناعم	0,5

- تؤخذ عينة الاختبار من العينة الممثلة بأحدي طرق التقسيم الموضحة سلفاً.
- تخلط عينة الاختبار جيداً ويمكن ترطيبها بالماء لتلافي تصاعد الأتربة منها.
- تجفف عينة الاختبار علي درجة حرارة (150˚±5˚) للحصول علي وزن ثابت.

طريقة إجراء الاختبار:

١- تؤخذ مجموعة من المناخل طبقاً لمقاس حبيبات الركام (شامل, كبير, ناعم) ثم توضع مناخل هذه المجموعة بالترتيب فوق بعضها البعض بحيث تتناقص مقاس فتحاتها من أعلي إلي أسفل.
٢- توضع عينة الاختبار علي المنخل العلوي وتهز المناخل يدوياً أو ألياً وتستمر عملية الهز إلي أن يصبح معدل مرور الركام من كل منخل علي حدة شبه معدوم.
٣- يجب ألا تؤثر الكمية المحجوزة علي كل منخل علي عملية النخل.
٤- يمكن تفتيت الكتل المحجوزة علي المنخل بالضغط عليها بأصابع اليد, كما يمكن إخراج الحبيبات العالقة بفتحات المنخل من الأسفل بواسطة فرشاة.
٥- يوزن الركام المحجوز بكل منخل علي حدة.

الحسابات:

- تحسب النسبة المئوية للركام المحجوز لكل منخل علي حدة من المعادلة التالية:

$$W = \frac{B}{A} X100$$

حيث: A= الوزن الأصلي للعينة بعد تجفيفها. B= وزن الركام المحجوز.

W= النسبة المئوية للركام.

- تقرب النسبة المئوية للركام المحجوز لكل منخل إلي أقرب رقم صحيح, كما تقرب النسبة المئوية للركام الذي يمر من منخل مقاس فتحته 0.075مم لأقرب 0.1.
- تحسب النسبة المئوية للركام المار (R) من كل منخل علي حدة من المعادلة التالية:

$$R= 100 – W$$

حيث: R= النسبة المئوية للركام المار.

- توجد العلاقة بين النسبة المئوية للركام المار وفتحة المنخل وترسم بيانياً علي الكل رقم (١) للركام الصغير والشكل رقم (٢) للركام الكبير

التجربة (٤)

اختبار تعيين الشوائب العضوية في الرمل الطبيعي

Determination of Organic Impurities in sand

الغرض من التجربة:

يختص هذا الاختبار بتعيين الشوائب العضوية في الرمل الطبيعي المستخدم في المونة والخرسانة بطريقة تقريبية للإرشاد عن وجود أو عدم وجود هذه الشوائب بنسبة ضارة.

الأجهزة المستخدمة:

- زجاجة اختبار شفاف مدرجة بسعة 350جم٣ مزودة بسدادة من المطاط أو الزجاج.

محاليل الاختبار:

- محلول هيدروكسيد الصوديوم (3%): يحضر بإذابة ثلاثة أجزاء من هيدروكسيد الصوديوم في 67 جزء من الماء المقطر بالوزن
- محلول اللون القياسي: يحضر بإذابة مقدار من ثاني كرومات البوتاسيوم في حمض الكبريتيك (وزنه النوعي 1.84) بمعدل 0.25 جم لكل 100سم٣ من الحمض. ويمكن التسخين بلطف للمساعدة علي الذوبان ويحضر المحلول قبل الاختبار بساعتين علي الأكثر.

طريقة الاختبار:

١- تؤخذ عينة الاختبار (حوالي 500 جم) من العينة الممثلة.
٢- تملأ زجاجة الاختبار بجزء من عينة الاختبار حتى علامة 130سم٣.
٣- يضاف مقدار من محلول هيدروكسيد الصوديوم مع الرج حتى يصل ارتفاع محتوي الزجاجة إلى علامة 200سم٣. ثم تغلق فوهتها بإحكام مع رجها بشدة وتترك بعدها لمدة 24ساعة.
٤- بعد مرور 24 ساعة تملأ زجاجة أخري حتي علامة 75سم٣ بمحلول اللون القياسي المحضرة حديثاً, ويقارن لونه مع لون المحلول المتكون فوق طبقة الرمل بالعين المجرد بتقريب الزجاجتين إلي جوار بعضهما.

النتائج:

- إذا كان المحلول المتكون فوق طبقة الرمل مماثل أو أفتح من لون المحلول القياسي فتعتبر نسبة الشوائب العضوية غير ضارة.
- إذا كان لون المحلول المتكون فوق طبقة الرمل أعتم من لون المحلول القياسي فهذا يدل علي احتمال وجود شوائب عضوية بنسبة ضارة, وفي هذه الحالة وعند الرغبة في استخدام هذا الرمل يستلزم إجراء اختبارات تحدد مدي تأثير هذه النسبة من الشوائب العضوية علي المونة و الخرسانة.

التجربة(٥)

تعيين النسبة المئوية لامتصاص الركام الكبير للماء

تعريف:

هي الزيادة في وزن الركام الكبير بعد غمره في الماء لمدة 24 ساعة.

الهدف من ألتجربة:

تحديد النسبة المئوي لامتصاص الركام للماء.

خطوات إجراء الاختبار:

١- يتم اخذ عينه من الركام(حوالي 3 كجم) وتجفيفها في فرن درجه حرارته (100 – 110) درجة مئوية حتى يثبت الوزن وليكن W_1.

٢- يتم غمر الركام بعد ذالك في ماء لمده 24 ساعة ثم يتم إزالة فقاعات الهواء التي تظهر على سطح الركام وذالك بالتقليب البسيط للركام.

٣- يتم اخذ الركام من الماء وتجفيف الماء الموجود على سطحه بقطعة قماش رطبه ثم يتم وزن عينه الركام ولتكن W_2.

الحسابات:

النسبة المؤوية لامتصاص الركام $= \frac{W_2 - W_1}{W_1} \times 100$

التجربة (٦)

اختبار معامل التهشيم للركام Crushing Value of Aggregate

الأجهزة المستعملة:

١- وعاء اسطواني معدني قياسي.
٢- اسطوانة معدنية مفتوحة الطرفين – قاعدة اسطوانية – ومكبس.
٣- قضيب دمك قياسي. ٤- ميزان. ٥- مناخل $\frac{1}{2}$ بوصة, $\frac{3}{8}$ بوصة, رقم7.

أولاً: اختبار معامل التهشم للركام الخشن:

طريقة إجراء الاختبار:

١- تنخل عينة الركام وهى مشبعة جافة السطح لكي تمر من منخل $\frac{1}{2}$ بوصة وتحجز على منخل$\frac{3}{8}$ بوصة.
٢- يملأ الوعاء القياسي بالركام المحجوز على ثلاث طبقات ، تدك كل طبقة بنفس الكيفية السابقة. ويسوى السطح ، وتوزن العينة ولتكن W_1.
٣- توضع الأسطوانة على قاعدتها, وتملأ بالعينة على ثلاث طبقات, وتدك كل طبقة بنفس الكيفية السابقة، يسوى السطح، ويوضع المكبس حتى يستقر أعلى سطح العينة.
٤- توضع الأسطوانة أسفل آلة الضغط ، ويرفع الضغط على العينة تدريجياً لكي يصل إلى 40 طن خلال مدة 10 دقائق ، ويرفع الضغط على العينة مباشرة بعد ذلك.
٥- تنخل العينة على منخل رقم 7 ، ويوزن الجزء المار من المنخل, ولتكن W_2.

ثانياً: اختبار معامل الناعم 10% للركام الخشن Fines Value 10%:

تتبع نفس خطوات اختبار معامل التهشيم ، ما عدا أن قيمة الحمل تكون بالقدر الذي يحدث هبوطاً للعمود الضاغط مقداره 15مم في حالة الركام الدائري (كلياً أو جزئياً) ، 20 مم في حالة الركام العادي الناتج عن الكسارات.

توجد نسبة الجزء الناعم المار من منخل رقم (7) بنفس الطريقة المتبعة في اختبار معامل التهشيم.
يعتبر الحمل الناتج من المعادلة التالية هو معامل الناعم10%:

معامل الناعم 10%= 14س+4ص كيلو نيوتن.

حيث:

س : الحمل الذي يؤدى تسليطه على العينة (بالكيلو نيوتن) إلى الحصول على نسبة مار من منخل رقم (7) وتتراوح قيمته بين 7.5% - 12.5%.

ص : النسبة المئوية للجزء الناعم المار من منخل رقم (7) إلى الوزن الكلى للعينة.

- إذا كانت نسبة الجزء الناعم أصغر من 7.5% أو أكبر من 12.5% تعاد التجربة بتغيير الحمل بالزيادة أو النقصان حتى يتم الحصول على النسبة المبينة أعلاه للجزء الناعم ، ويقترح أن يكون الحمل في المحاولة الأولى (400/معامل التهشيم) طناً ، وبذلك يفضل إجراء اختبار معامل التهشيم أولاً.

٥-٢-٣: المـــــــاء Water:

تعريف:

الماء هو العنصر الرئيسي في الخلطة الخراسانية حيث يمثل العامل الأساسي لكي يتم عملية الاماهة وتفاعل الاسمنت وتصلبه, وبالتالي فان الماء يلعب دوراً كبيراً في تحديد مقاومة الخرسانة للانضغاط كما إن لنوعه وما تحتوي عليه من معادن ومركبات كيميائية تأثير كبير علي جودة الكتلة الخراسانية.

يجب بأن يكون الماء المستعملة في الخلطة الخراسانية نظيف وخالي من المواد الضارة التي قد تكون تأثيرها متلفاً للخرسانة أو لحديد التسليح, ولا يسمح باستخدام ماء البحر في الخلط الخراسانية المسلحة إلا في حالات خاصة.

وظيفة ماء الخلط:

يمثل ماء الخلط احد الوظائف الهامة والأساسية في الخرسانة حيث يقوم بالوظائف التالية:

١- يعمل علي إماهة الاسمنت Hydration وتفاعله مكوناً عجينة الاسمنت التي تعتبر المادة الفعالة في الخرسانة والتي يعمل علي تماسك حبيبات الركام.
٢- يعمل علي بلل الركام بحيث يمتصه ليكون الالتصاق بينه وبين الاسمنت جيداً.
٣- إعطاء الخليط المؤلف من الركام الناعم والخشن والاسمنت درجة مناسبة من الليونة تساعده علي التشغيل والتشكيل.

ويؤخذ الماء في العادة علي هيئة نسبة بين الماء و الاسمنت (W/C) لذا كمية الماء اللازمة للتفاعل الكيميائي مع الاسمنت تتراوح بين 0.25 إلي 0.30 من وزن الاسمنت. وإذا استعملت تلك

الكمية فإنها تعطي خرسانة طازجة جافة جداً وبالتالي تكون صعبة التشغيل, فلذالك يلزم إضافة كمية ماء أخري (أو إضافة ملدنات) لتسهيل عملية الخلط والصب و الدمك, علي أن تكون بأقل كمية ممكنة نظراً لان زيادة الماء في الخلطة الخراسانية تؤدي إلي ضعف مقاومتها للأحمال.

خواص ماء الخلط:

- يجب أن يكون الماء المستعمل في خلط الخرسانة نظيفًا وخالياً من المواد الضارة كالزيوت والشحوم و الأحماض والقلويات و الأملاح والمواد العضوية، ومن مواد أخرى يمكن أن تكون ضار بالخرسانة أو التسليح.
- يمكن استخدام الماء الغير صالح للشر في أعمال الخرسانة إذا تحققت الشروط التالية:

١- إذا صممت الخلطة الخراسانية لتحديد نسب المواد الداخلة فيه بافتراض أن الماء المستخدم من مصدر غير صالح للشرب.

٢- إذا أعطت المكعبات المختبرة والمصنعة من الماء الغير صالح للشرب مقاومة بعمر (7) أيام و (٢٨) ويوماً لا تقل عن (90%) من مقاومة عينات مشابهة أعدت بماء صالح للشرب.

هذا ويجب أن تجري مقارنة نتائج اختبارات على عينات متماثلة المواد باستثناء ماء الخلاط . وهنا ينبغي إعداد عينات مكعبة (2 in = 50mm) وإجراء التجارب حسب (ASTM C 119).

تجربة اختبار تحديد كمية الماء للعجينة الأسمنتية

الهدف من التجربة:

تحديد كمية الماء اللازمة لتحضير عجينة أسمنتية ذات قوام قياسي.

الأجهزة المستخدمة:

١- جهاز فيكات القياسي.

٢- قالب مخروطي الشكل + قاعدة زجاجية بإبعاد(10*10سم).

٣- أدوات خلط مساعدة.

٤- خلاط ميكانيكي+ساعة إيقاف.

٥- جهاز تحديد كمية الماء(ماصة+سحاحة+حامل).

٦- ميزان حساس.

طريقة إجراء الاختبار:

١- يوزن حوالي 500 جم من الأسمنت المراد اختباره بواسطة الميزان الحساس.
٢- تؤخذ كمية من الماء لخط العينة ثم توضع في قالب الخلاط.
٣- يضاف الأسمنت في القالب ويوضع على الخلاط ويتم خلطها لمدة 90 ثانية خلط بطيء و 90 ثانية خلط سريع.
٤- تؤخذ العينة ويوضع في قالب مخروطي الشكل عليه قاعدة زجاجية في أسفله ثم يسوى السطح من الفراغات الهوائية.
٥- يتم وضع العينة في جهاز فيكات مربوطاً عليه إبرة فيكات الخاصة بالاختبار ويجب أن تعبر إبرة فيكات في مساحة تتراوح ما بين (5-7سم).
٦- يتم تكرار التجربة حتى تصل إلى مساحة (5-7سم) مع العلم أن زمن التجربة لا يستغرق أكثر من 5 دقائق.

الحسابات:

كمية الماء =كثافة الماء في درجة حرارة الغرفة*كمية الماء المأخوذ/(وزن الأسمنت/جرام)*100

$$\gamma\gamma = \frac{\gamma_W \times c^{\circ} \times Q_w}{W_c} \times 100$$

حيث:

γ= كمية الماء.

γ_w= كثافة الماء في درجة حرارة الغرفة.

c°= درجة حرارة الغرفة.

Q_w= حجم الماء.

W_c= وزن الاسمنت.

٦-٢-٣حديد التسليح:

يستخدم حديد التسليح لمقاومة اجهادات الشد في المقاطع الخراسانية وذلك لمقاومته العالية للشد وضعف تحمل الخرسانة لاجهادات الشد, كما يستخدم في المقاطع المعرضة للضغط كالأعمدة وذلك لمقاومته العالية حيث إن استخدامه في الأعمدة يساعد على تخفيف أبعاد المقاطع كما يعمل على مقاومة إجهادات الشد التي قد تتولد نتيجة لعدم مركزية التحميل أو عدم تطابق المقاومة المطلوبة للخرسانة مع المقاومة التصميمية.

ويفضل استخدام الحديد المحلزن على الأملس وذلك لزيادة التماساك بين الحديد والخرسانة وتتوفر أسياخ حديد التسليح في الأسواق بأقطار مختلفة, كما يجب أن يكون سطح الحديد خالياً من الشحوم والدهون لإيجاد تماسك قوي بين الخرسانة والحديد حتى يتم نقل الاجهادات من الخرسانة إلى الحديد بشكل جيد كما يجب أن يكون سطح الحديد خالي من الصدأ المتآكل.

تجربة اختبار مقاومة الشد للحديد

The Tensile Strength Testing of the Steel

الغرض من التجربة:

- تعيين مقاومة حديد التسليح للشد.
- دراسة سلوك حديد التسليح تحت تأثير حمل الشد وتعيين الانفعال ومدي التغير الناتج من الشد.

الأجهزة المستخدمة:

١- ماكينة الشد الخاصة. ٢- جهاز حساس الاستطالة.

خطوات الاختبار:

١- تجهيز عينة من الحديد وذلك بتعيين طولها الابتدائي كذلك قطرها.

٢- تثبيت العينة بين فكي الماكينة بحيث:

- ينطبق محور العينة علي محور الفكين (محور الماكينة) وذلك بتثبيتها عند النقطتين الحمراوين الموجودة علي الفكين (مركز الماكينة).
- تكون النتوءات الموجودة بالسيخ في اتجاهات فك الماكينة لزيادة التماسك بين العينة والفك.

٣- إدخال بيانات العينة في وحدة إدخال البيانات وكذلك معدل التحميل.

٤- التحميل علي العينة بحمل ابتدائي بسيط لتثبيت العينة, ثم يوضع حساس الاستطالة علي العينة.
٥- تشغيل الماكينة للتحميل علي العينة بحمل تدريجي وبمعدل تحميل ثابت من بداية الاختبار حتى حدوث الكسر للعينة.
٦- عند حدوث الكسر وانقسام العينة إلي جزأين (ليس بالضروري يكون متماثلين) يحدد الحمل المسبب للكسر, ومن ثم تحسب النتائج.

النتائج:

عند التحميل علي عينة الحديد يجب ملاحظة أن السيخ تمر بالمراحل التالية:

- مرحلة المرونة: تكون عند بداية التحميل علي العينة ويصاحبها تغير طفيف في الطول وتعود العينة إلي وضعها الطبيعي بعد زوال الحمل المؤثر.
- مرحلة الخضوع: وتبدأ بعد مرحلة المرونة بحيث تقل مقاومة السيخ للشد مع زيادة واضحة في طول العينة ويبقي التغير في الطول بعد زوال الحمل المؤثر ولكن بدون نقص يذكر في مقطع العينة.
- مرحلة اللدونة: وتبدأ بعد مرحلة الخضوع وتتميز بزيادة ملحوظة مقاومة العينة للشد مع زيادة في الطول يصاحبها نقص واضح في مقطع العينة (تشكل الرقبة) وتنتهي هذه المرحلة إلي كسر العينة إلي جزأين.

وبعد الانتهاء من الاختبار تحدد نتائجها كالتالي:

$$\text{مقاومة الحديد للشد} = \frac{\text{أقصي حمل}}{\text{مساحة مقطع العينة}}$$

$$\text{الانفعال} = \frac{\text{الاستطالة الكلية}}{\text{الطول الأصلي للعينة}}$$

شكل رقم (٨-٣) ماكينة الشد للحديد

٣-٣خواص و اختبارات الخرسانة:

١-٣-٣اختبارات الخرسانة الطازجة

Properties and Testing of Fresh Concrete

مقدمة Introduction:

تمر الخرسانة من لحظة إضافة الماء لها وحتى انتهاء عمرها الافتراضي بالمراحل الثلاثة الآتية:

- الخرسانة الطازجة Fresh Concrete:

وهى الخرسانة التي تبدأ من لحظة إضافة الماء إلى مكونات الخرسانة الجافة وحتى لحظة حدوث زمن الشك الإبتدائى .وتمتاز هذه المرحلة بالقدرة على الخلط والنقل والصب.

- الخرسانة الخضراء Green Concrete:

وهي الخرسانة المتكونة في الفترة من بداية شك الاسمنت وحتى بداية تصلد الخرسانة أي في حدود24ساعة, وفي هذه المرحلة لا يسمح للخرسانة بالخلط والنقل والصب لأنها تكون قد شكت كما أنها لا تقوي علي تحميل أي نوع من الاجهادات.

- الخرسانة المتصلدة Hardened Concrete:

وهى تبدأ بتصلد الخرسانة (أي عند عمر ٢٤ ساعة) وحتى نهاية عمرها الافتراضي وتمتاز هذه المرحلة بأنها زيادة المقاومة الرئيسية للخرسانة (مقاومة الضغط) وقدرتها علي مقاومة الأحمال بمرور الزمن.

الخواص الرئيسية للخرسانة الطازجة:

للخرسانة الطازجة أربعة خواص رئيسية هي:

١- قوام الخلطة الخراسانية Consistency.
٢- قابلية التشغيل Workability.
٣- الانفصال الحبيبي Segregation.
٤- النزيف (النضح) Bleeding.

١-١-٣-٣ القوام Consistency:

تعريف القوام:

- يعبر قوام الخرسانة الطازجة عن درجة بلل الخرسانة Degree of Wetness فمثلاً يقال خرسانة جافة القوام Dry أو صلبة القوام Stiff أو لدنة القوام Plastic أو مبتلة القوام Wet أو رخوة القوام Sloppy.
- ويمكن القول بأن قوام الخرسانة يعبر عن السيولة النسبية للخرسانة Relative Fluidity أي أنه يبين النسبة بين كمية ماء الخلط وكمية المواد الجافة بالخرسانة.

الغرض من القوام :

هو ضمان الحصول على خرسانة ذات درجة سيولة أو لدونه تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية كما أنه من أهم وأبسط الخواص التي تساعد على التأكد من انتظامية خلطات الخرسانة الطازجة وتجانسها وضبط جودتها وذلك قبل الصب مباشرة.

العوامل التي تؤثر علي القوام:

- نسبة مكونات الخرسانة.
- نعومة الأسمنت (المساحة السطحية للاسمنت).
- المقاس الاعتباري الأكبر للركام.
- حرارة الجو.
- الزمن بين الانتهاء من خلط الخرسانة وبين إجراء اختبار الهبوط
- الإضافات.

طرق تعيين القوام:

يوجد ثلاثة طرق رئيسية لتعيين قوام لخرسانة هي:

١- هبوط الخرسانة بعد إزالة قالب التشغيل Slump Test.
٢- انسياب الخرسانة الطازجة بعد تعرضها لاهتزازات ترددية Flow Test.
٣- اختراق جسم معدني للخرسانة تحت تأثير وزنة Ball Penetration Test.

التجربة (١)

اختبار الهبوط Slump Test.

الغرض من التجربة:

تحديد قوام الخلطة الخراسانية بتعيين مدى هبوطها بعد تشكيلها على هيئة مخروط ناقص وذلك إما في المعمل أو في موقع التنفيذ .وذلك للتأكد من نسب مكونات الخلطة الخراسانية حيث أن أي تغيير في نسبة الأسمنت أو كمية الماء والركام يؤثر على قيمة الهبوط .ويعتبر هذا الاختبار من أبسط وأفضل الوسائل لضبط الجودة في محطات الخلط وفى مواقع التنفيذ.

الأجهزة المستخدمة:

١- قالب الاختبار :عبارة عن مخروط ناقص ومصنوع من معدن متين بسمك ١,٥ مم على الأقل مفتوح من أعلى ومن أسفل ، قطر فتحته العليا ١٠ سم والسفلى ٢٠ سم وارتفاعه ٣٠ سم.
٢- قضيب الدمك :وهو سيخ من الصلب بقطر ١٥ مم وطول ٦٠ سم.
٣- أدوات خلط (جاروف وعاء خلط).
٤- مسطرة قياس.

خطوات الاختبار:

١- ينظف السطح الداخلي للقالب بحيث لا توجد به أي مياه عالقة أو آثار خراسانية.
٢- يوضع القالب على سطح أفقي أملس غير مُنفذ للماء على أن يثبت جيداً.
٣- يملأ القالب على ثلاث طبقات ارتفاع كل منها يساوى ثلث ارتفاع القالب تقريباً على أن تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك ٢٥ مرة موزعه تقريباً على السطح وبشرط أن ينفذ القضيب إلى الطبقة التي تحتها.
٤- بعد الانتهاء من دمك الطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب.
٥- يرفع القالب بعد ملئه مباشرة في اتجاه رأسي وببطء وعناية.
٦- يقاس مقدار الهبوط Slump بعد رفع القالب مباشرة وهو الفرق بين ارتفاع القالب وارتفاع مركز عينة الخرسانة الطازجة. يتم توصيف القوام إما جاف أو صلب أو لدن أو مبتل أو رخو وذلك طبقاً لقيمة الهبوط كما هو موضح بالجدول رقم (١١-٣).

ملاحظات:

- يجب أن لا يزيد المقاس الاعتباري الأكبر للركام المستخدم عن ٤٠ مم.
- يجب أن لا تزيد الفترة بين انتهاء الخلط وبداية إجراء الاختبار عن دقيقتين.
- تحدث ثلاثة أشكال مختلفة لحالة الهبوط فقد يكون هبوطاً حقيقياً True Slump أو هبوط قص Shear Slump أو انهيار Collapse كما بشكلي رقم (١٠-٣).
- يراعى إعادة الاختبار على عينة أخرى في حالة حدوث انزلاق جانب Slipping في العينة أو انهيار Collapse. إذا تكرر ذلك في حالة إعادة الاختبار فيقاس الهبوط مع تسجيل ذلك مع النتيجة.

جدول رقم (١١-٣) يوضح قيم الهبوط المناظرة لدرجات قوام الخرسانة المختلفة.

الهبوط (مم)	صفر -٢٠	١٠-٤٠	٣٠-١٢٠	١٠٠-٢٠٠	١٨٠-٢٢٠
قوام الخلطة الخراسانية Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

شكل رقم (٩-٣) قالب اختبار الهبوط وقضيب الدمك.

هبوط حقيقي **True Slump** **هبوط قص Shear Slump** هبوط انسياب **Flow Slump**

شكل رقم (١٠-٣)أشكال الهبوط المختلفة.

التجربة (٢)

اختبار الانسياب Flow Test

الغرض من الاختبار:

يختص هذا الاختبار بتعيين النسبة المئوية لانسياب الخرسانة و التي تُعبر عن حالة القوام وذلك بإجراء إهتزاز ترددي لمخروط ناقص من الخرسانة موضوع على لوح معدني وتسجيل مدى انتشار أو انسياب الخرسانة كنسبة مئوية من القطر الأصلي لقاعدة المخروط.

الأجهزة المستخدمة:

١- قالب الاختبار : وهو عبارة عن قالب معدني على شكل مخروط ناقص ويكون هذا القالب مفتوحاً من أعلى ومن أسفل بمستويين عموديين على محور المخروط.
٢- قرص الانسياب (Flow Table) ويثبت القرص على قاعدة جاسئة بارتفاع من ٤٠ – ٥٠ سم بوزن ١٥ كجم على الأقل.
٣- قضيب الدمك القياسي.
٤- مسطرة قياس.

طريقة إجراء الاختبار:

١- ينظف القرص جيداً بالماء ثم يجفف بعناية حيث لا يبقى به أثر لماء التنظيف.
٢- يوضع القالب مثبتاً في وسط القرص وذلك بالضغط على مقبضيه باليد.
٣- يُملأ القالب على طبقتين ارتفاع كل منهما يساوي نصف الارتفاع تقريباً علي أن تدمك كل طبقة بواسطة قضيب الدمك القياسي ٢٥ مرة موزعة تقريباً بالتساوي علي سطح المقطع المستعرض للقالب بشرط أن يَنفُذ القضيب إلى الطبقة التي تليها (يراعى أن يكون نصف عدد ضربات الدمك في اتجاه مائل إلى الخارج والنصف الثاني في اتجاه رأسي).
٤- بعد الانتهاء من دمك الخرسانة للطبقة العليا للقالب يسوى سطحها مع حافة القالب بالمسطرين مع مراعاة ملء القالب تماما.
٥- تُزال الخرسانة الزائدة التي سقطت على قرص الاختبار عند تسوية السطح ثم ينظف جيداً حول قالب الاختبار.
٦- يُرفع القالب المعدني بعد ملئه مباشرة من الخرسانة بانتظام في اتجاه رأسي.

٧- يُرفع القرص ويخفض بمعدل منتظم لمسافة ١٢,٥مم (٢/١بوصة) وذلك ١٥ مرة في مدى حوالي ١٥ ثانية.

٨- تقاس قاعدة الخرسانة المنسابة نتيجة الرفع والخفض المذكورة ويكون القياس لقطر القاعدة في ٦ اتجاهات مختلفة ثم يؤخذ متوسط هذه القراءات ليمثل قطر الانسياب لقاعدة المخروط الخرسانى بعد انسياب الخرسانة.

٩- تحسب النسبة المئوية لانسياب الخرسانة (لأقرب ٥ مم) باعتبارها النسبة المئوية لزيادة قطر الانسياب عن قطر القاعدة الأصلي.

النتائج:

$$\text{النسبة المئوية للانسياب} = \frac{\text{قطر الانسياب(سم)} - ٢٥}{٢٥} \times ١٠٠$$

(حيث أن قطر القاعدة الأصلي للمخروط الخرسانى يساوى ٢٥ سم)

ملحوظة:

ويعتبر اختيار الانسياب اختباراً معملياً في معظم الحالات نظراً لعدم سهولة تواجد الجهاز في موقع العمل .ويمثل الجدول الآتي النسب المئوية للانسياب عند درجات القوام المختلفة.

الجدول رقم (١٢-٣) يوضح العلاقة بين قوام الخلطة والانسياب

النسبة المئوية للانسياب	صفر -٢٠%	١٥-٦٠%	٥٠-١٠٠%	٩٠-١٢٠%	١١٠-١٥٠%
الخراسانية الخلطة قوام Consistency	جاف Dry	صلب Stiff	لدن Plastic	مبتل Wet	رخو Sloppy

شكل رقم (١١-٣) جهاز الانسياب لتحديد القوام.

التجربة(٣)

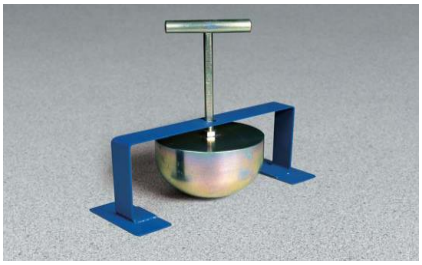
اختبار كرة الاختراق (كيلي) Ball Penetration Test

الهدف من الاختبار:

وهذه الطريقة يحدد بها قوام الخرسانة بيسر ودقة كافيين وهو اختبار مشابه للهابط إلا أنه أسهل منه وأسرع منه .و يتكون الجهاز أساساً من ثقل على شكل نصف كرة نصف قطرها ١٥ سم ووزنها ١٣,٦كج يتصل بها يد عليها مقياس مدرج والكل ينزلق من فتحة داخل إطار كما في شكل رقم (١٢-٣) ويمكن وضع هذا الإطار على سطح الخرسانة المراد قياس قوامها كما أن هذا الإطار يصلح في نفس الوقت لاستخدامه كمستوى ثابت للمقارنة وقت الاختبار ويلاحظ أن جميع أجزاء الجهاز تصنع من الصلب أو أي معدن مشابه.

الأدوات المستخدمة:

١- جهاز كرة كيلي لقياس القوام. ٢- وعاء أو قالب الاختبار.



شكل رقم (١٢-٣)جهاز كرة كيلي لقياس القوام.

طريقة إجراء الاختبار:

١- يمكن وضع الخرسانة في وعاء أو يمكن إجراء الاختبار والخرسانة في مكانها داخل الفرم بعد صبها مباشرة ، وفى الحالتين يجب ألا يقل سمك الخرسانة عن ١٥ سم وأن يكون لها سطحاً مستوياً بأقل بعد يساوى ٣٠ سم .ويجب جعل سطح الخرسانة مستوياً وناعماً.

٢- يوضع الجهاز بعناية فوق سطح الخرسانة مع رفع اليد إلى أعلى وجعل الإطار يرتكز برفق فوق السطح ثم تترك اليد لتنزلق داخل الإطار .تُقرأ مسافة اختراق الثقل داخل الخرسانة مباشرة على اليد المدرجة لأقرب ٥ مم.

٣- يؤخذ متوسط عدة قراءات في أماكن متفرقة.

ملاحظة: تفيد هذه الطريقة في بيان ومقارنة قوام الخرسانة عند صبها مباشرة داخل الفرم.

٢-١-٣-٣ قابلية التشغيل Workability:

تعريفه:

القابلية للتشغيل هي خاصية الخرسانة الطازجة التي تبين السهولة التي يمكن بها صب ومناولة الخلطة الخراسانية كما تبين درجة تجانسها ومقاومتها للانفصال الحبيبي.

العوامل التي تؤثر على القابلية للتشغيل للخرسانة:

١- الركام. ٢- الاسمنت.

٣- الماء. ٤- نسبة الماء /الاسمنت.

٥- الإضافات. ٦- الهواء المحبوس.

طرق تعيين القابلية للتشغيل:

يوجد عدة طرق لتعيين قابلية الخرسانة للتشغيل ومن أهم هذه الطرق:

١- اختبار عامل الدمك Compacting Factor Test.

٢- طريقة فى بى Vebe (VB) Test.

تجربة (١)

اختبار عامل الدمك (قابلية التشغيل) Compacting Factor Test.

الغرض من الاختبار:

يجرى هذا الاختبار لتحديد درجة قابلية تشغيل الخرسانة الطازجة وهذا الاختبار مبنى عل أساس أن الجهد اللازم لدمك الخرسانة يعبر عن مدى القابلية للتشغيل.

الأدوات المستخدمة:

١- جهاز عامل الدمك.

٢- قضيب الدمك القياسي.

٣- ميزان سعة 25جرام.

طريقة إجراء الاختبار:

١- يملأ المخروط العلوي بالخرسانة بدون دمك بحرص ثم يسوي سطح الخرسانة مع حافة المخروط.
٢- يفتح باب المخروط من أسفل بحيث تنزل الخرسانة منه إلي المخروط السفلي تحت تأثير وزنها فقط وبدون أي اهتزازات.
٣- يفتح باب المخروط السفلي لتنزل الخرسانة وتملأ الأسطوانة القياسية.
٤- تسوية سطح الاسطوانة وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية من الخرسانة العالقة ثم توزن لتحديد وزن الخرسانة المدموكة جزئياً = و.
٥- تفرغ الأسطوانة وتنظف من الخرسانة ثم يعاد ملؤها مرة أخري من نفس العينة علي 6 طبقات تدمك كل طبقة دمكاً قياسياً (25 ضربة) بقضيب الدمك القياسي.
٦- تسوية سطح الأسطوانة وتنظف جوانبها وحوافها الخارجية من الخرسانة العالقة ثم توزن لتحديد وزن الخرسانة المدموكة كلياً = ك.
٧- يحسب عامل الدمك ثم يحدد درجة قابلية التشغيل.

النتائج:

$$\text{عامل الدمك} = \frac{\text{وزن الخرسانة المدموكة جزئياً (نتيجة هبوطها)}}{\text{وزن الخرسانة المدموكة كلياً(نتيجة دمكها)}} = \frac{\text{و}}{\text{ك}}$$

وبمعرفة عامل الدمك يمكن تحديد درجة القابلية للتشغيل كما في جدول (١٣-٢)ويعتبر اختبار عامل الدمك اختباراً معملياً وغير مناسب لموقع العمل إلا في المنشآت الكبيرة .وتستخدم هذه الطريقة لقياس قابلية التشغيل لجميع الخلطات الخرسانية باستثناء الخلطات منخفضة القابلية للتشغيل والخلطات الخشنة لتعذر الحصول على نتائج دقيقة لهذه الخلطات.

الجدول رقم (١٣-٣) يوضح درجة قابلية التشغيل للخرسانة

درجة التشغيل	عامل الدمك	الهبوط (سم)	الاستعمال المناسب للخرسانة
منخفضة جداً	٠,٧٨	صفر -٢,٥	الطرق المستخدم فيها الهز بالماكينات العادية أو اليدوية
منخفضة	٠,٨٥	٢,٥-٥	الطرق المستخدم فيها الهز بالماكينات اليدوية أو الهز اليدوي إذا كان الركام مستديرا أو زاويا .الخرسانة الكتلية في الأساسات بدون اهتزازات أو الخرسانة الكتلية في الأساسات بدون اهتزازات أو الخرسانة
متوسط	٠,٩٢	٥ – ١٠	الأسقف المدموكة باليد أو الخرسانة المسلحة ذات التسليح الثقيل والمدموكة باليد أو بالاهتزازات.
عالية	٠,٩٥	١٠- ١٧,٥	للقطاعات ذات التسليح الشديد جداً غير المناسب للهز .

شكل رقم (١٣-٣) جهاز عامل الدمك.

التجربة (٢)

اختبار فى بي (أعادة التشكيل) Vebe (VB) Test.

مقدمة عن الاختبار:

اسم Vebe نسبة الي العالم السويدي V. Bahrner الذي طور هذا الاختبار في سنة ١٩٤٠ وأصبح أكثر استعمالاً وتحت المواصفات البريطانية (BS1881part104, 1983).

الغرض من الاختبار:

- يعد هذا الاختبار ملائماً جداً لتحديد الفرق بين درجة التشغيل للخرسانة الجافة جداً.
- ويستعمل للخرسانة ذات حبيبات الركام أقل من ٤٠مم.

الأجهزة المستخدمة:

١- مخروط الهبوط.
٢- لوح زجاجي.
٣- قمع.
٤- اسطوانة.
٥- منضدة هزازة.

شكل رقم (١٤-٣) جهاز فى بى.

طريقة إجراء الاختبار:

١- يملأ المخروط بالخرسانة بنفس طريقة اختبار هبوط الخرسانة (slump test).
٢- يوضع المخروط المستعمل في اختبار الهبوط للخرسانة داخل اسطوانة (قطرها ٢٤٠مم و ارتفاعها ٢٠٠مم).
٣- يرفع القالب رأسياً.
٤- يوضع قرص زجاجي شفاف فوق الخرسانة.
٥- يحصل دمك الخرسانة باستعمال رج المنضدة.
٦- يأخذ الزمن (T) بالثانية من بداية استعمال رج المنضدة و حتى يغطي القرص الشفاف كاملاً بالخرسانة أي (حتى يتغير شكل الخرسانة من المخروط الناقص إلي الاسطوانة).
٧- عمل مخطط يوضح العلاقة بين عامل الدمك وزمن فى بي (T) بالثانية بالنسبة للخرسانة العادية.

المواصفات القياسية:

يفترض أن الجهد اللازم للحصول علي دمك كامل للخرسانة هو قياس لدرجة التشغيل للخرسانة, ويقاس الزمن بالثانية (Ve seconds). ويكون هذا الاختبار ملائماً جداً عندما يتراوح الزمن من (٥ - ٣٠)ثانية.

التجربة(٣)

اختبار تعيين نسبة الفراغات

الغرض من التجربة:

تعيين كمية الهواء المحبوس داخل الخرسانة الطازجة بعد استكمال عملية الدمك القياسية.

وتعتبر هذه الخاصية من أهم الخصائص التي ينبغي مراعاتها بدقة متناهية لأن الفراغات تكون مملوءة بالماء أثناء الخلط مما يقلل من تفاعل الاسمنت مع الماء, ثم تملأ بالهواء بعد جفاف الخرسانة و تصلدها مما يضعف الخرسانة بحيث لا تستطيع مقاومة أحمال المنشآت.

ويتم تحديده بطريقة توازن الضغط علي أساس قانون بويل للغازات.

الحجم × الضغط = ثابت.

ويمكن تطبيق هذا القانون علي الهواء المحبوس داخل الخرسانة الطرية.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- جهاز تحديد نسبة الفراغات.

٢- قضيب الدمك القياسي.

٣- مكعب.

شكل رقم (١٥-٣) جهاز تعيين نسبة الفراغات في الخرسانة الطازجة

خطوات الاختبار:

١- تعبة وعاء الخرسانة الطازجة ثم تدمك دمكاً قياسياً حتى تكون لها نفس الكثافة النوعية باستعمال المكعب.

٢- تسوية سطح الوعاء جيداً بقطع قماش لإزالة جميع ما علق به من الخرسانة للتأكد من إغلاق الغطاء بإحكام.

٣- تغطية الوعاء بإحكام وذلك بربط مسامير التثبيت ثم يملأ الفراغات بين الغطاء والوعاء تماماً بالماء بحيث يفتح صمام دخول الماء ويفتح صمام خروج الهواء حتى يخرج الماء بدون فقاعات هواء ثم يقفل صمام الخروج وبعده مباشرةً صمام دخول الماء.

٤- توليد ضغط علي الماء أعلي العينة باستخدام المكبس حتى يتحرك المؤشر من علامة ١٠٠% من التدريج إلي علامة الصفر.

٥- الضغط علي زر الاختبار لمعادلة الضغوط حتى يثبت المؤشر تماماً.

٦- قراءة نسبة الفراغات مباشرة من التدرج.

المواصفات القياسية:

يجب ألا تزيد نسبة الفراغات في الخرسانة الطازجة عن ٧%.

التجربة (٤)

اختبار فصل مكونات الخرسانة الطازجة

الغرض من التجربة:

١- تحديد نسبة الاسمنت في الخلطة الخراسانية بطريقة سريعة وفورية ومقارنته بالنسب المطلوبة.
٢- معرفة التدرج الحبيبي للخلطة الخراسانية للتأكد من نسب الخلط.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- ماكينة فصل مكونات الخرسانة.
٢- ميزان حساس.
٣- فرن تجفيف.
٤- هزاز ميكانيكي.

شكل رقم (١٦-٣) ماكينة فصل مكونات الخرسانة

خطوات الاختبار:

١- غسل الجهاز جيداً وتنظيفه من أي عوالق من الاختبارات السابقة.
٢- وزن عينة من الخرسانة بمقدار ٨ كجم بعد تمام خلطها مباشرة وبحرص شديد لكي لا يحصل انفصال حبيبي لها.
٣- وضع العينة في القيسون الخاصة بها (الدائرة الطبيعية) ثم ينزع القمع المستخدمة لوضع العينة.

٤- توصيل مصدر ماء مستمر للجهاز ثم يتم تشغيل الجهاز فيقوم بفصل الركام (الزلط والرمل) عن الملاط الأسمنتي (الماء والأسمنت) طبيعياً بالماء وتحت تأثير الجاذبية.

٥- الاستمرار في الغسل حتى يخرج الماء رائقاً من اعلي القيسون ويجمع في الدائرة الصناعية.

٦- يضاف المحلول (agent١) للملاط الأسمنتي لفصل الأسمنت عن الماء ثم يضاف (agent٢) لفصل حبيبات الأسمنت عن بعضها البعض.

٧- يجمع المتبقي من الدائرة الصناعية في وعاء أسفل القيسون ويوضع في فرن التجفيف لمدة٢٤ساعة بدرجة حرارة ١١٠±٥مْ ثم يستخرج ويوزن ثم يتم عمل تحليل منخلي لتحديد نسبة الزلط والرمل.

النتائج:

يتم تحديد وزن الاسمنت من القانون:

وزن الاسمنت = وزن العينة الكلي – وزن الركام (الزلط + الرمل)

$$\text{نسبة الاسمنت} = \frac{\text{وزن الأسمنت}}{\text{وزن العينة الكلي}} \times 100$$

٤-٣ خواص واختبارات الخرسانة المتصلدة:

Properties and Testing of Hardened Concrete

مقاومة الضغط Compressive Strength:

إن مقاومة الضغط هي أهم خواص الخرسانة المتصلدة على الإطلاق وهى تعبر عن درجة جودتها وصلاحيتها ، ومقاومة الضغط هي المقاومة الأم للخرسانة حيث أن معظم الخواص والمقاومات الأخرى مثل الشد و الانحناء والقص والتماسك مع حديد التسليح تتحسن وتزيد بزيادة مقاومة الضغط والعكس صحيح .لذلك يجرى اختبار الضغط بغرض التحكم في جودة إنتاج الخرسانة في موقع المشروع كما يستخدم هذا الاختبار في أغراض التصميم الإنشائي لتحديد المقاومة المميزة Characteristic Strengthوإجهاد التشغيل Working Stress للخرسانة في الضغط الذي يؤخذ كنسبة من المقاومة القصوى للضغط .كما يفيد اختبار الضغط في تحديد صلاحية الركام وماء الخلط للتعرف على تأثير الشوائب التي قد توجد بهما على مقاومة الضغط للخرسانة .والواقع حالياً أن مقاومة الضغط لخرسانة المنشآت التقليدية تتراوح بين ٢٥٠- ٣٥٠ كج/سم٢ أما بالنسبة للمنشآت الخاصة والوحدات سابقة

التجهيز فمقاومة الضغط تزيد عن ذلك وتصل إلى ٤٠٠- ٥٠٠ كج/سم٢ والوحدات الخراسانية سابقة الإجهاد يجب أن تكون ذات مقاومة للضغط تزيد عن ٤٠٠ كج/سم٢ وقد تصل إلى ٦٠٠ كج/سم٢.

العوامل المؤثرة علي مقاومة الضغط:

تتأثر مقاومة الضغط بعوامل عديدة ومتنوعة يتلخص في أربعة مجموعات رئيسية هى:

١- المواد المكونة ونسب الخلط.
٢- طرق صناعة الخرسانة من خلط ونقل وصب ودمك.
٣- ظروف المعالجة.
٤- العمر وظروف الاختبار.

التجربة (١)

اختبار مقاومة الضغط Compressive Strength Test

الهدف من الاختبار:

يجرى اختبار تحديد مقاومة الضغط للخرسانة المتصلدة عادة بعد مرور ٢٨ يوماً على صب العينات وفى بعض الأحيان بعد ٧ أيام أو بعد فترة أخرى حسب الحاجة.

عينات الاختبار:

تكون عينة الاختبار بشكل مكعب طول ضلعه ١٥,٨ سم أي مساحة الوجه = ٢٥٠ سم ٢ أو مكعب طول ضلعه ١٥ سم أو اسطوانة قطرها ١٥ سم و ارتفاعها ٣٠ سم.

الأدوات المستخدمة:

١- آلة اختبار الضغط.
٢- ميزان حساس دقته ±٥ جرام.
٣- قوالب من الحديد المقاومة للصدأ وهي نوعين:
- قوالب مكعبة (١٠*١٠سم – ١٥*١٥سم – ٢٠*٢٠سم).
- قوالب اسطوانية (١٠*٢٠سم – ١٥*٣٠سم).

٤- أدوات خلط.
٥- جهاز دمك (هزاز).
٦- دفتر الحقل.

طريقة إجراء الاختبار:

١- توزن الكميات اللازمة من الأسمنت والركام الصغير والركام الكبير (أو المقاسات المحجوزة على المناخل منفصلة) والماء ويراعى عند حساب الوزن أن تزيد كمية الخرسانة المخلوطة عن الخرسانة اللازمة لملء القوالب بحوالي ١٥ % وذلك لتعويض أي فقد أو هالك قد يحدث أثناء الاختبار.

٢- يُعد قالب الاختبار وتُغطى أوجه القالب الداخلية بطبقة رقيقة من الزيت الخفيف.

٣- تخلط مكونات الخرسانة إما ميكانيكياً أو يدوياً خلطاً جيداً حتى يصبح لونها متجانس.

٤- بمجرد الانتهاء من الخلط تُجرى اختبارات القوام (الهبوط مثلاً) وأي اختبارات أخرى تكون مطلوبة مثل اختبارات القابلية للتشغيل (عامل الدمك أو فى بى) أو اختبار تحديد نسبة الهواء في الخلطة.

٥- بعد اختبارات الخرسانة الطازجة يُملأ القالب مباشرة بالخرسانة على ٣ طبقات وتدك كل طبقة إما بمكنة الاهتزاز أو يدويا حتى تدمك الخرسانة دمكاً تاماً دون حدوث انفصال حبيبي.

٦- تغطى القوالب بعد صبها مباشرة وتوضع في مكان درجة حرارته ١٥ إلى ٢٠ درجة مئوية لفترة ٢٤ ساعة ويلاحظ أن لا تتعرض لأي اهتزازات.

٧- تُعلم العينات الخراسانية بعد ذلك ثم تفك من القوالب وتُغمر في الحال في ماء نقى درجة حرارته حوالي ١٥- ٢٠ درجة مئوية وتُترك حتى وقت الاختبار ويُفضل ترك مسافات بين المكعبات وبعضها في أحواض المعالجة آما يُنصح بعدم وضع المكعبات فوق بعضها.

٨- تختبر العينة بوضعها بماكينة الاختبار حيث يكون محورها منطبقاً مع محور رأس الماكينة وفى حالة العينة المكعبة يلزم أن يكون وجهي العينة الملامسين لسطحي رأس الماكينة هما الوجهين المقابلين للسطح الداخلي للقالب المعدني لضمان استوائهما وتوازيهما .أما في حالة العينة الاسطوانية فيلزم عمل مخدة Capping لسطح كل من نهايتي الأسطوانة بطريقة تجعل سطح النهايتين مستويين ومتوازيين. ولكل اختبار تختبر ثلاث عينات وتؤخذ القيمة المتوسطة للنتائج.

٩- تعرض العينة لحمل ضغط محوري بمعدل حوالي ١٤٠ كج/سم٢/دقيقة حتى الكسر.

الحسابات:

تحسب مقاومة الضغط من المعادلة:

$$F_{\mathrm{e}} = \frac{\mathrm{P_e}}{\mathrm{A}} = {}^{N}/_{mm}$$

حيث: F_{e}= مقاومة الضغط. P_{e}= الحمل المؤثر. A= مساحة المقطع.

النتائج:

جدول رقم (١٤-٣) توضح : نتائج حساب مقاومة الضغط للخرسانة

رقم العينة	التاريخ	عمر الخرسانة	وزن العينة	أبعاد العينة	مساحة الوجه	حمل الكسر	مقاومة الضغط كج/سم٢
١ ٢ ٣	تاريخ الصب تاريخ الكسر	٧ أيام					
١ ٢ ٣	تاريخ الصب تاريخ الكسر	٢٨يوم					

شكل رقم (١٧-٣) ماكينة الضغط للعينات المكعبة والاسطوانية.

التجربة (٢)

اختبار مقاومة الشد للخرسانة Tensile Strength Test

يمكن تعيين مقاومة الشد في الخرسانة بعد ٧ أيام أو ٢٨ يوم أو أي مدة أخرى بطرق مباشرة وغير مباشرة.

الأدوات المستخدمة:

١- ماكينة الشد.
٢- ميزان حساس دقة ±٥ جرام.
٣- أدوات خلط مساعدة.
٤- أحواض معالجة المكعبات بالماء.
٥- جهاز دمك (هزاز).
٦- دفتر الحقل.

أولاً: اختبار الشد المباشرDirect Tensile Strength :

طريقة إجراء الاختبار:

١- تحضر العينات للاختبار بإجراء عمليات الخلط والصب و الدمك والمعالجة بنفس الطريقة السابق ذكرها في اختبار الضغط.
٢- يجرى الاختبار بمسك العينة عند نهايتيها بماكينة الاختبار والتأثير بحمل الشد تدريجيا وببطء ويعين الحمل المسبب لكسر العينة حيث تنكسر معظمها في المنتصف.

الحسابات:

تحسب مقاومة الشد في هذه الحالة بقسمة الحمل الأقصى على مساحة مقطع العينة.

$$\text{مقاومة الشد المباشر} = \frac{\text{الحمل الاقصي}}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{P_{max}}{A} \text{ كج/سم٢}$$

ونظراً لصعوبة إجراء اختبار الشد المباشر نتيجة الصعوبة النسبية في صب و فك عينة الاختبار ونظراً لوجود إجهاد ضغط مركزة بين كلابات التثبيت وعينة الاختبار وكذلك احتمال عدم مركزية حمل الشد فإنه يتم اللجوء إلى طرق غير مباشرة لقياس مقاومة الشد

ثانياً: اختبار الشد غير المباشر (الطريقة البرازيلية)Indirect Tensile Strength

عينة الاختبار القياسية عبارة عن اسطوانة خراسانية قطرها ١٥ سم وطولها ٣٠ سم حيث توضع هذه الأسطوانة بين رأسي ماكينة الاختبار في وضع أفقي وعلى جانبيها بين شريحتين من الخشب الأبلكاج أو المطاط بعرض ٢ سم ويعين حمل الضغط المسبب لكسر العينة وعند انهيارها يسجل الحمل الأقصى.

الحسابات:

$$\text{مقاومة الشد غير المباشر (البرازيلي)} = \frac{٢\times \text{الحمل الاقصي}}{\text{ط}\times \text{الطول}\times \text{القطر}} \times \text{كج/سم٢}.$$

$$\text{مقاومة الشد البرازيلي} = \frac{2P}{\pi DL} = \text{كج /سم٢}.$$

حيث: P= الحمل الأقصى..... كج/سم٢. D= قطر الاسطوانة.....سم.

L= طول الاسطوانة.....سم.

يمكن إجراء الاختبار على عينات بشكل منشور أو مكعب أو جزء من كمرة وفى هذه الحالة يجب تصحيح قيمة المقاومة بضربها في عامل K يتوقف على تغير أبعاد العينة ويعين معمليا.

$$\text{مقاومة الشد البرازيلي} = \frac{2P}{\pi DL} K \text{ كج/ سم٢}.$$

قيم استرشادية:

جدول رقم (١٥-٣) توضح: قيم استرشادية لنسبة مقاومة الشد في أعمار مختلفة

عمر الخرسانة	٣	٧	٢٨	٩٠	٣٦٥
أسمنت بورتلاندي عادي	٠,٥	١,٧١	١	١,٠٥	١,٠٥
اسمنت بورتلاندي سريع التصلد	٣/٢	٦/٥	١	١,٠٥	١,٠٥

التجربة(٣)

اختبار مقاومة الانحناء Bending Strength

الغرض من الاختبار:

يجري اختبار الانحناء لتعيين مقاومة الخرسانة المتصلدة للانحناء ودراسة سلوك الكمرات الخراسانية عند تعرضها لأحمال الانحناء كذلك شكل الكسر الناتج عند انهيار هذه الكمرة.

الأدوات والأجهزة:

١- ماكينة الانحناء.
٢- قالب الانحناء بأبعاد (١٠*١٠*٤٠ سم – ١٠*١٠*٥٠ سم – ١٥*١٥*٧٥سم).
٣- أدوات خلط.
٤- هزاز دمك.

خطوات الاختبار:

١- تجهيز القوالب (الكمرات) بتجميع أجزائها بإحكام ثم تدهن بطبقة رقيقة من الزيت لتفادي التصاق الخرسانة بالقالب أثناء الصب.
٢- تجهيز عينة من الخرسانة بالنسب المطلوبة وتخلط جيداً علي الناشف حتى تتجانس ثم تضاف إليها نسبة المياه المطلوبة وتخلط إما يدوياً أو ميكانيكياً حتى نحصل علي خلط متجانسة.
٣- ملأ القوالب (الكمرات) بالخرسانة علي طبقات متساوية بسمك بوصتين تدمك كل طبقة دمكاً تاماً (يدوياً بقضيب الدمك – ميكانيكياً بالهزاز).
٤- تسوية أسطح العينات ثم حفظها في جو لا تقل رطوبته عن ٩٠% ودرجة حرارة بين (١٥ - ٢٠°م) لمدة ٢٤ساعة ثم تعلم العينات وتغمر في حوض المعالجة حتى وقت اختبارها.
٥- تفك القوالب بعد مرور ٢٤ساعة ثم تعلم العينات وتغمر في حوض المعالجة حتى وقت الاختبار.
٦- توضع العينة في الماكينة بحيث لا يتم التحميل علي السطح العلوي المطلوب (الذي تم تسويته عند صب العينات) وتترك مسافة متساوية بين حافة العينة وبين الركائز التي توضع عليها العينة.
٧- التحميل علي العينة بحمل تدريجي منتظم يبدأ من الصفر وينتهي بكسر العينة إلي نصفين.

ملحوظة:

يفضل إجراء اختبار الانحناء للخرسانة بتحميل عينة الاختبار في نقطتين Two-Point Loading لأن ذلك يجعل جزء الكمرة الذي يحدث بداخله الكسر معرض إلى عزم خالص Pure Bending دون تواجد قص في ذلك الجزء الأمر الذي يجعل الكسر نتيجة مقاومة الانحناء فقط وتعبر نتائج الاختبار عن مدى تأثر الخرسانة بالانحناء .ويمكن في بعض الأحيان- عند الضرورة -عمل اختبار الانحناء بالتحميل في نقطة واحدة وهى منتصف الكمرة المختبرة ولا يعطى ذلك الاختبار انحناء خالص بل انحناء مصحوب بتأثير القص ويكون معاير الكسر له أقل من معاير الكسر في حالة التحميل في نقطتين.

النتائج:

يجري الاختبار علي عدد ثلاثة عينات بعد مرور ٧ أيام, وثلاثة عينات بعد مرور ٢٨ يوم من تاريخ الصب ثم تحسب النتائج كالأتي:

$$\text{مقاومة الخرسانة للانحناء} = \frac{\text{حمل الكسر} \times \text{المسافة بين الركائز}}{\text{(عرض الكمرة)}\mathbf{3}}$$

يدون حمل الكسر $P_{\max}$ وتحسب مقاومة الانحناء (معاير الكسر) من المعادلة:

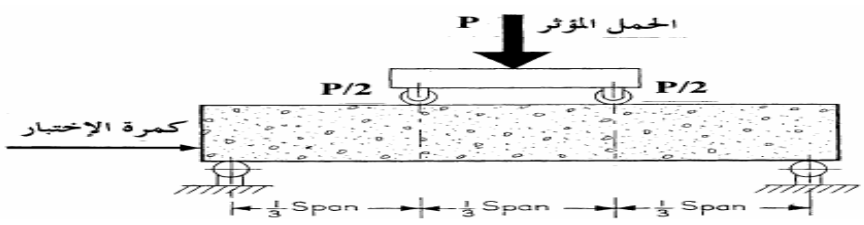
$$f_b = \frac{M_{max} . Y}{I}$$

M_{max} = Maximum bending moment = $P_{max}. L/$

6 (حالة حملين مركزين)

Y = h/2.

I = Moment of inertia = $bh^3/12$.



شكل الكمرة في مقاومة الانحناء

شكل رقم (١٨-٣) ماكينة الانحناء

التجربة رقم (٤)

اختبار الارتداد (مطرقة شميدت)

الغرض من التجربة:

تعيين مقاومة الخرسانة المتصلدة لأحمال الضغط بطريقة غير متلفة.

ويتم هذا الاختبار في المنشآت المكتملة الإنشاء لتحديد جودة الخرسانة بطريقة فورية وسريعة.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- جهاز مطرقة شميدت.
٢- أداة تنظيف وتنعيم.

خطوات الاختبار:

١- تنظيف السطح المراد اختباره من طبقات الدهان و اللياسة وتنعيمه بأداة التنعيم (حجر الصنفرة) إلي الوصول إلي سطح الخرسانة.
٢- تحديد مساحة من سطح الخرسانة لأجراء الاختبار عليها بمساحة لا تقل عن ٢٠٠سم٢.
٣- تحديد زاوية المطرقة وهي أحدي الزواية التالية:
- زاوية صفر. – زاوية +٩٠°. – زاوية - ٩٠°.
- زاوية +٤٥°. – زاوية - ٤٥°.

٤- الضغط تدريجياً علي المطرقة حتى يتم سماع صوت الصدم ثم يؤخذ رقم الارتداد علي شاشة المطرقة.

٥- تكرار الخطوة السابقة حتى الحصول علي ١٠ قراءات في مساحة ٢٠٠سم٢.

٦- يؤخذ متوسط القراءات العشرة ويسمي رقم الارتداد (R).

٧- من منحنيات شميدت يتم تحديد مقاومة الخرسانة للضغط بمعرفة رقم الارتداد وأيضاً زاوية المطرقة.

النتائج:

يتم إيجاد المقاومة المتوسطة (W_{m}) من منحني شميدت للمكعب أو الاسطوانة ثم تحديد نتائج العينة كما يلي:

- المقاومة القصوى ($W_{\max}$) = (المقاومة المتوسطة + معامل التصحيح).
- المقاومة الصغرى ($W_{\min}$) = (المقاومة المتوسطة – معامل التصحيح).

Δ=معامل التصحيح.

$$\Delta\, \mathrm{W_m} = +\Delta \mathrm{W_{max}}$$

$$W_{\min} = \mathrm{W_m} - \Delta$$

ويتم تسجيل النتائج المعملية في الجدول (١٧-٢):

جدول رقم (١٦-٣) توضح نتائج اختبار مطرقة شميدت

زاوية المطرقة	
رقم الارتداد (R)	
المقاومة المتوسطة (W_{m})	
معامل التصحيح (Δ)	
المقاومة الصغرى ($W_{\min}$)	
المقاومة الصغرى ($W_{\max}$)	

مطرقة شميدت الرقمية

مطرقة شميدت العادية

شكل رقم (١٩-٣) توضح مطرقة شميدت

التجربة (٥)

اختبار معايرة المرونة للضغط Modulus of Elasticity Test

تعريف:

معاير المرونة هو التغير في الإجهاد بالنسبة إلى التغير في الانفعال المرن .وهو يُعبر عن صلابة المادة أي مقاومتها للتشكل.

الغرض من التجربة:

يهدف هذا الاختبار لتعيين معاير المرونة للخرسانة لفائدة ذلك في معرفة صلابة Stiffness الخرسانة وكذلك لمعرفة قيمة معاير المرونة في حساب تشكل المنشآت الخراسانية Deformation

كما يفيد في تعيين نسبة معاير مرونة الحديد إلى الخرسانة لأهميتها في التصميم $n = E_S/E_C$ وفيما يلي شرح لكيفية تعيين معاير المرونة للخرسانة وذلك طبقاً لما جاء بالمواصفات الإنجليزية B.S.S. 1881.

الأجهزة المستخدمة:

١- جهاز قياس معامل المرونة.
٢- أدوات الخلط.
٣- ميزان حساس دقته ±٥ جرام.
٤- قوالب من الحديد المقاومة للصدأ وهي نوعين:
- قوالب مكعبة (١٠*١٠سم – ١٥*١٥سم – ٢٠*٢٠سم).
- قوالب أسطوانية (١٠*٢٠سم – ١٥*٣٠سم).
٥- جهاز دمك (هزاز).
٦- دفتر الحقل.

طريقة إجراء الاختبار بالتحليل الاستاتيكي:

١- تُعمل خلطة خراسانية وفقاً للبيانات المطلوبة وتصب وتدمك هذه الخلطة في قوالب إما على شكل اسطوانات بقطر ١٥ سم وارتفاع ٣٠ سم أو منشورات بحيث تكون النسبة بين الارتفاع إلى العرض لا تقل عن ٢ وتصب من نفس الخلطة عينات للضغط بعد ٢٨ يوما.
٢- بعد المعالجة لمدة ٢٨ يوماً أو المدة المحددة يُثبت مقياسين للانفعال على سطح العينة وفى مقابل بعضها وموازيين لمحور عينة الاختبار, تحمل العينة بمكنة الاختبار بمعدل ١٤٠ كج/سم٢/ دقيقة حتى يصل الإجهاد إلى (س + ٧) كج/سم٢ حيث س = ثلث متوسط مقاومة الضغط.
٣- يستمر التحميل بهذا الإجهاد لمدة دقيقة على الأقل ثم يقلل تدريجيا إلى ١,٤ كج/سم٢ ثم تؤخذ قراءات مقياس الانفعال ثم يعاد التحميل ثانياً وبنفس المعدل إلى أن يصل الإجهاد إلى (٤+ س) كج/سم٢ ويستمر التحميل عند هذه القيمة لحين أخذ قراءات الانفعال ثم يقلل التحميل ثانياً وتدريجيا وتؤخذ القراءات ثانياً عند ١,٤ كج/سم٢ .
٤- يعاد التحميل مرة ثالثة وتؤخذ ١٠ قراءات لمقياس الانفعال عند ١٠ زيادات للإجهاد تكون متساوية تقريباً إلى أن يصل الإجهاد إلى (١,٤ + س) كج/سم٢ يتم مقارنة قيم الانفعال الكلى الحادث في حالتي التحميل الثانية والثالثة فإذا كان هناك اختلاف أكثر من ٥ % يتم عمل دورة تحميل رابعة وهكذا حتى يصل الفرق بين دورتي تحميل متتاليتين إلى ٥ % أو أقل وبذلك يمكن تحديد العلاقة بين الإجهاد والانفعال الناتج عنه من حالة التحميل الأخيرة.

النتائج:

تدون النتائج في جدول رقم (١٨-٣) يوضح الزيادة في الحمل ومقدار التشكل المناظر ثم تحسب قيم الإجهاد والانفعالات المناظرة ومنها يمكن رسم بياني يوضح العلاقة بين الإجهاد والانفعال للخرسانة ثم يعين معاير المرونة للخرسانة والذي يساوى ميل هذا الخط البياني.

جدول رقم (١٧-٣)

الحمل (كج)	قراءت أجهزة قياس الانفعال			الإجهاد كج/سم٢	الانفعال مم/مم
	الجهاز الايمن	الجهاز الايسر	المتوسط		

الفصل الرابع

الطـــــــرق Traffic

٤-١مقدمة عن الطرق:

يشمل التصميم الهندسي للطرق علي التصميم الأفقي الذي يغطي كل التفاصيل الخاصة للتخطيط الأفقي لمسار الطريق مثل طول المسار وزوايا ونقاط التقاطع وتصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أنصاف أقطارها. ويشمل كذلك التصميم الرأسي الذي من خلاله يتم تحديد الانحدارات والمنحنيات الرأسية ومسافات الرؤية وجميع التفاصيل الخاصة بالقطع والردم. كما يحتوي علي التصميم العرضي للطريق لتحديد عرض جسم الطريق وتصميم ميول السطح والميول الجانبية. ويجب أن يتماشي التصميم مع حجم المرور وسرعة المرور وتركيبة المرور وأن يؤدي إلي قيادة ومريحة.

٤-٢ أنواع الطرق:

تشمل أنظمة الطرق أنوعاً ودرجات متعددة من الطرق تختلف مسمياتها بحسب أهميتها وسعتها والأداء الذي يؤديه والغرض الذي أنشئت من أجله. وتتدرج مختلف أنواع الطرق من ذات السرعة العالية والحجم الكبير إلي الشوارع المحلية بالمناطق الخلوية التي تحوي حركة مرورية قليلة. وقد تختلف التسميات والمصطلحات المستعملة لتعريف أنواع الطرق من دولة إلي أخري حسب الأنظمة المتبعة ألا انه يمكن تلخيصها في أربعة أقسام رئيسية وهي:

١. طرق سريع.
٢. طرق رئيسية.
٣. شوارع التجمع.
٤. شوارع محلية.

٤-٣ تخطيط الطريق:

يعرف تخطيط الطرق بأنه عملية اختيار وتوقيع مسار الطريق علي الطبيعة وينقسم إلي قسمين رئيسيين هما:

١. تخطيط القطاع الأفقي للطريق: ويشمل كل الخطوط المستقيمة والمنحنيات الأفقية.
٢. تخطيط القطاع الطولي للطريق: ويشمل الانحدارات والمنحنيات الرأسية.

٤-٤تجارب التربة:

التجربة (١)

فحص الكثافة الحقلية للتربة بطريقة إحلال الرمل

Field Density Test Using Sand-Replacement Method

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377
- ASTM D – 1556
- AASHTO T-191.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- جهاز مخروط الرمل ويسمونه مخروط الرمل (Sand cone) الموضح في الشكل رقم (١-٤).
٢- أدوات مناسبة لعمل حُفرة في التربة (Digging tools) مثل الأزميل والمطرقة.
٣- صفيحة معدنية (Plate) في وسطها فتحة دائرية وفي زواياها فتحات لتثبيتها بالأرض بواسطة مسامير، وللصفيحة جدران جانبية ارتفاعها ١٣ مليمترا.
٤- ميزان (Balance).
٥- وعاء معدني (Metal container) لجمع التربة الناتجة عن الحفر، ويمكن الاستعاضة عن الوعاء بكيس نايلون.
٦- أدوات لتحديد محتوى الرطوبة.
٧- رمل قياسي خاص، نظيف من الشوائب العضوية. وحسب المواصفات البريطانية، فإن قياس حبيبات الرمل يجب أن يحقق شرط المرور من المنخل (٦٠٠ ميكرون) والبقاء على المنخل (٣٠٠ ميكرون). وأما حسب المواصفات الأمريكية، فالرمل المستعمل يمر من المنخل رقم (٢٠)، ويتبقى على المنخل رقم (٣٠). ويمكن استعمال الرمل المار من المنخل رقم (٣٠) والمتبقي على المنخل رقم (٤٠)، أو المار من المنخل (٣٠) والمتبقي على المنخل (٥٠)، وذلك حسب المرجع /٨/. ويجب أن تكون كثافة الرمل معروفة، حيث يمكن إيجادها في المختبر باستعمال أوعية ذات أشكال منتظمة دقيقة الأبعاد. ويتم في العادة تحديد كثافة الرمل المستعمل في هذا الفحص عدة مرات، ويكون الرمل جيداً إذا لم تختلف أي كثافة عن المعدل بأكثر من واحد بالمئة (١%).

الطريقة (Procedure):

١- يتم ملء جهاز الرمل (الأسطوانة أو المخروط) بالرمل و توزينه.
٢- يُسوى سطح التربة في منطقة الفحص جيداً، وتوضع عليه الصفيحة المعدنية ويتم تثبيتها بالمسامير، مع مراعاة أن تكون الفتحة الدائرية في وسط الصفيحة ملاصقة لسطح التربة.
٣- يتم وضع علامات تحدد مكان الصفيحة المعدنية للتأكد من بقائها ثابتة أثناء الفحص.
٤- يتم عمل حفرة في التربة داخل الفتحة الدائرية وسط الصفيحة المعدنية. وبخصوص حجم الحفرة، فإن الجمعية الأمريكية للفحوصات والمواد (ASTM) ترى أن القياسات التالية الموضحة في الجدول رقم (١-٤) ملائمة للحصول على نتائج مرضية:

جدول رقم (١-٤)

مقاس أكبر حبيبة في التربة (ملم)	حجم *الحفرة* (سم٣)	الوزن اللازم لفحص محتوى الرطوبة (غم)
٤,٧٥ (منخل رقم ٤)	٧٠٠	١٠٠
١٢,٥٠	١٤٠٠	٢٥٠
٢٥,٠٠	٢١٠٠	٥٠٠
٥٠,٠٠	٢٨٠٠	١٠٠٠

وإذا كان قطر الحفرة بحدود ١٥سم، نجد أن عمق الحفرة، في حالة فحص مواد يتراوح قياس حبيباتها بين ٢٥-٥٠سم، يتراوح بين ١٢-١٥سم.

٥- يتم جمع نواتج الحفر من داخل الحفرة إلى الوعاء المخصص لذلك، مع مراعاة عدم فقدان شيء من هذه العينة، والمحافظة على محتوى الرطوبة الطبيعي فيها.

ملاحظة: لا يتم جمع الحجارة التي يزيد مقاسها عن ٥ سم (٢ انش) (إن وجدت مع العينة) بل تبقى داخل الحفرة، مع أنه يفضل تغيير منطقة الفحص في هذه الحالة باختيار نقطة أخرى لا تحتوي هذا المقاس من الحجارة.

٦- يتم تنظيف داخل الحفرة جيداً من حبيبات التربة، كما يتم رفع حبيبات التربة عن الصفيحة المعدنية، وهنا يمكن استعمال فرشاة لتنظيف الصفيحة من حبيبات التربة، وبعد جمع العينة يتم وزنها جيداً.

٧- يثبت جهاز الرمل (المخروط أو الأسطوانة) فوق وسط الصفيحة المعدنية مقلوباً كما في الشكل (٩-١)، ويفتح الصمام الخاص للسماح بانسياب الرمل من الجهاز إلى داخل الحفرة حتى تمتلئ الأخيرة، وكذلك الجزء المخروطي من الجهاز. عندها يتم غلق الصمام.

٨- يتم وزن الرمل المتبقي داخل الجهاز لمعرفة وزن الرمل المستعمل والذي ملأ الحفرة والمخروط.

٩- يتم تحديد محتوى الرطوبة للتربة الناتجة من الحفرة.

الحسابات (Calculations):

يمكن إيجاد الكثافة الحقلية للتربة من هذا الفحص بالمعادلة:

$$\frac{\text{وزن التربة التي تم استخراجها من الحفرة(غم)}}{\text{حجم الحفرة (سم٣)}}$$

وأما حجم الحفرة فيساوي:

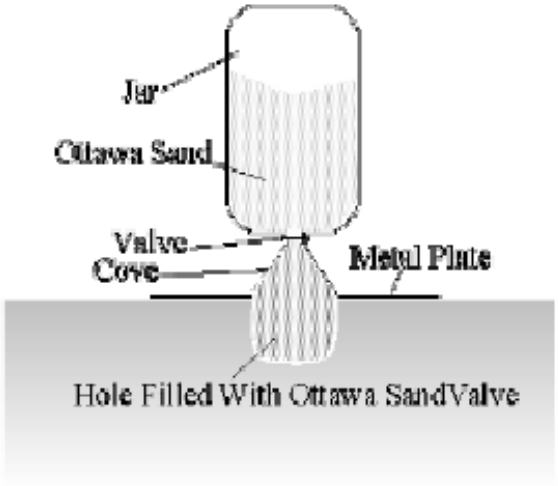
$$\frac{\text{وزن الرمل الذي يملأ الحفرة و المخروط (غم)} - \text{وزن الرمل الذي يملأ المخروط(غم)}}{\text{كثافة الرمل (غم/ سم٣)}}$$

وإذا اعتبرنا رطوبة التربة (W_o) وكثافتها الرطبة (ρ)، فإن الكثافة الحقلية الجافة (ρ_d) يمكن إيجادها من المعادلة:

$$\rho_d = \frac{\rho}{1 + W_o} \qquad \text{(غم/سم٣)}$$

أو

$$\rho_d = \rho \frac{100}{100 + W_o} \qquad \text{(غم/سم٣)}$$



شكل رقم (١-٤) جهاز مخروط الرمل

التجربة (٢)

فحص الاختـراق القيـاسـي

Standard Penetration Test – SPT

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377
- ASTM D – 1586.

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- جهاز حفر (Drilling rig) وتستعمل عادة نفس الحفارة التي تقوم بالحفر أثناء تحريات الموقع والتي تكون مجهزة لهذا الغرض.
٢- جامع عينات أسطواني (Split-barrelsampler)، ويسمى كذلك (Splitspoon).
٣- مواسير حفر (Drilling rods)، وهذه تدخل ضمن تجهيزات الحفارة.
٤- مطرقة خاصة (Hammer) وزنها حوالي ٦٥ كيلو غراماً.
٥- أوعية محكمة الإغلاق (Airtight containers).

الطريقة (Procedure):

بعد تثبيت جامع العينات الأسطواني في نهاية الماسورة الخاصة وجعله ملامساً لسطح الطبقة التي يُراد فحصها، يتم التأثير بواسطة المطرقة المثبتة على آلة الحفر لإحداث اختراق للتربة مقداره ٤٥ سنتمتراً، ويؤخذ في العادة عدد ضربات المطرقة الذي لزم لاختراق آخر ٣٠ سنتمتراً، ويدعى هذا الرقم برقم الاختراق القياسي (Standard penetration number) ويرمز له بالحرف (N). ويجري عدّ الضربات حتى بلوغها الخمسين ضربة. وإذا كان الاختراق اللازم لم يحصل رغم هذا العدد من الضربات، يتم تسجيل مقدار الاختراق الذي حصل مع الإشارة إلى بلوغ الضربات خمسين ضربة.

بعد الانتهاء من عملية الاختراق، يتم رفع خط الحفر (المواسير) وفك جامع العينات لاستخراج العينة من داخله، وغالباً ما تكون العينة غير سليمة التركيب، لكنها كافية لإعطاء فكرة عن نوعية التربة، ويمكن الاستفادة منها لفحص محتوى الرطوبة الطبيعي للتربة.

وتجدر الإشارة هنا، إلى أنه وفي حالة التربة الحصوية (Gravelly soil) يتم استخدام جزء مخروطي زاوية رأسه ٦٠ درجة في عملية اختراق التربة بدلاً عن جامع العينات، دون اختلاف يذكر في طريقة الفحص.

الفائدة العملية (Application):

يتم الاستفادة من رقم الاختراق القياسي (عدد الضربات N) لعدة أغراض عملية أهمها:

١. **تحديد الكثافة النسبية للتربة (Relative density):** ويبين الجدول (٢-٤) أدناه العلاقة بين عدد الضربات (N) والكثافة النسبية للتربة الرملية حسب ترزاجي وبيك (Terzaghi& Peck):

جدول رقم (٢-٤)

عدد الضربات (N)	الكثافة النسبية (Relative density)
أقل من ٤	مفككة جداً (Very loose)
١٠-٤	مفككة (loose)
٣٠-١٠	متوسطة الكثافة (Medium dense)
٥٠-٣٠	كثيفة (Dense)
أكثر من ٥٠	كثيفة جداً (Very dense)

٢. **تحديد قوام التربة (Consistency) ومقاومة الضغط اللامحصور (Unconfied strength)**: للتربة الطينية التركيب، كما هو موضح في الجدول (٣-٤) أدناه، والقيم الواردة في الجدول تقريبية لكنها ذات فائدة عملية كبيرة.

جدول رقم (٣-٤)

عدد الضربات (N)	قوام التربة (Consistency)	مقاومة الضغط اللامحصور (كيلونيوتن/م٢) Unconfined compressive strength)
أقل من ٢	طري جداً (Very Soft)	أقل من ٢٥
٤-٢	طري (Soft)	٥٠-٢٥
٨-٤	متوسط (Medium)	١٠٠-٥٠
١٥-٨	صلب (Stiff)	٢٠٠-١٠٠
٣٠-١٥	صلب جداً (Very stiff)	٤٠٠-٢٠٠
أكبر من ٣٠	قاسي (hard)	أكبر من ٤٠٠

٣. **تحديد قدرة تحمل التربة (Bearing capacity)**: حيث توصلَ ترازجي وبيك إلى تلخيص تجربتهما في منحنى خاص لتحديد قدرة التحمل المسموح بها (Allowed bearing capacity) حسب عدد الضربات في فحص الاختراق القياسي (SPT) ولمقاسات مختلفة من الأساسات، على افتراض أن منسوب المياه الجوفية (Water table) يقع على مسافة لا تقل عن عرض الأساس (B) من منسوب التأسيس. وتكون قيم قدرة التحمل قريبة جداً إلى الواقع في حالة التربة الرملية.

٤. **تحديد قيمة زاوية الاحتكاك الداخلي (ϕ) للتربة**: ولهذا الغرض يمكن استعمال المنحنى والذي يعطي قيماً تقريبية للزاوية (ϕ).

ملاحظة هامة :

من الضروري قبل استعمال قيم (N) الناتجة من فحص الاختراق القياسي (SPT)، إجراء تعديل أو تصحيح لهذه القيم، يأخذ في الاعتبار قيمة ضغط تربة التغطية (Overburden pressure). ويرى بعض الباحثين مثل جيبس وهولتز (Gibbes & Holtz) /٥/ أن نتائج فحص الاختراق القياسي تقلل

إلى حد كبير من درجة الكثافة النسبية للتربة (Relative density) غير المتماسكة عند الأعماق القريبة. ولهذا يقترح هذان الباحثان إجراء تعديل لقيم (N) حسب المنحنى ، وبينما يقترح ثوربيرن (Thorburn) إجراء هذا التعديل حسب المنحنى. وكما هو موضح من المنحنيين، فإن تعديل قيم (N) باستخدام منحنى ثوربيرن يعطي قيماً أقل، ولهذا يفضل الكثير من المهندسين إجراء تعديل قيم (N) حسب هذا المنحنى.

التجربة (٥)

فحص القص بالريشة Vane Shear Test

يُلجأ لهذا الفحص الحقلي السريع لقياس مقاومة القص (Shear strength) للتربة الطينية ذات القوام الطري (Soft)، ولا يمكن الاعتداد بنتائجه للأشكال الأخرى من التربة، وكذلك عندما يكون الطين محتوياً على رمل (Sand) أو طمي (Silt). ولهذا السبب، فهذا الفحص محدود الاستعمال وغير منتشر في بلادنا العربية، بينما هو منتشر أكثر في أوروبا (خصوصاً في بريطانيا والدول الاسكندنافية) والولايات المتحدة الأمريكية. وسنعرض فيما يلي فكرة هذا الفحص وحسابات نتائجه باختصار.

المراجع القياسية (Standard references):

- BS 1377
- ASTM D – 2573
- AASHTO T-223

الأجهزة اللازمة (Equipment):

١- ريشة ذات أربعة ألواح (شفرات) من فولاذ لا يصدأ.
٢- ذراع مقاوم للشد (High tensile rod) في نهايته مقبض مزود بمقياس مدرج لقياس عزم الدوران (Torque).

الطريقة (Procedure):

١- يتم غرز الريشة والذراع في الطين تحت منسوب الحفر في البئر السبرية (Borehole) إلى عمق يُساوي ثلاثة أضعاف قطر البئر على الأقل، أو عند السطح إذا كان قياس مقاومة القص مطلوباً لتربة السطح.

٢- يتم بعدها تدوير الريشة بواسطة المقبض المثبت في أعلى الذراع وباستعمال عزم الدوران (Torque) حتى يحصل انهيار الطين تحت تأثير دوران الريشة. ويجب مراعاة أن تكون سرعة الدوران بحدود (٦-١٢) درجة في الدقيقة.

الحسابات (Calculations) :

يتم حساب مقاومة التربة للقص من المعادلة التالية:

$$T = \pi c(\frac{d^2h}{2} + \frac{d^3}{6})$$

حيث : T : عزم الدوران عند الانهيار.

C: قوة تماسك حبيبات التربة (Cohesion).

D: العرض الكلي للريشة.

H: طول الريشة.

تجربة (٦)

تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا

California Bearing Ratio (CBR)

وهو قياس الحمل اللازم لغرز إبرة ذات قطر معين وبسرعة معينة في عينة التربة عند قيم محددة للمحتوى المائي والكثافة ، وحساب نسبة هذا الحمل (الضغط) إلى الحمل (الضغط) القياسي عند غرزٍ للإبرة مقداره ٥,٢ملم (١ر. بوصة) أو ٥ملم (٢ر. بوصة) ويعطي الاختبار معلومات عن مدى انتفاخ التربة ومقدار القوة المفقودة للتربة عندما تكون التربة مشبعة بالماء ، كما تعطي نسبة التحمل لكاليفورنيا تصوراً عن تصرف التربة تحت الأزفلت (مواد الأساس) ، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المعمل , ويوضح الجدول رقم (٤-٤) بعض القيم لنسبة التحمل.

جدول رقم (٤-٤)

نسبة التحمل CBR	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحد USC	نظام آشتو AASHTO
٣-٠	ضعيفة جداً	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
٧-٣	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 ,A6,A7
٢٠-٧	مقبولة	تحت الأساس	OH,CH,MH,OL	A2 , A4 ,A6,A7
٥٠-٢٠	جيدة	أساس و تحت الأساس	GM ,GC,SW ,SM ,SP,GP	A1b , A2 – 5, A3,A2-6
أكبر من ٥٠	ممتازة	أساس	GW ,GM	A1a,A2-4,A3

المواصفات الفنية :

-ASTM – 854

- AASHTOT- 100

الأدوات المستخدمة:

١- دورق بحجم ١٠٠ مليلتر.

٢- ثرمومتر وماء مقطر.

٣- ميزان وفرن تجفيف.

طريقة إجراء الاختبار:

١- أملأ الدورق بماء مقطر إلى علامة ١٠٠ مليلتر٠

٢- قس وزن الدورق والماء w_a ثم حدد درجة حرارة الماء ٠

٣- زن حوالي ١٠٠ جرام من التربة ثم ضعه في الدورق و أضف إليه الماء المقطر إلى ثلثي الدورق.

٤- تخلص من الفقاعات الهوائية للمزيج باتباع أحد الخطوات التالية :

- سخن الدورق لمدة ١٥- ٢٠ دقيقة مع التحريك ببطء ٠
- صل الدورق بجهاز الشفط Vacuum لمدة ١٠ دقائق وحرك الدورق باتجاه نصف دائري

٥- تأكد من أن درجة حرارة الماء بالدورق تساوي درجة الحرارة التي تم قياسها في بند رقم (٢).

٦- أضف ماءً مقطراً إلى الدورق حتى علامة ١٠٠ مليلتر ثم احسب وزن الدورق مع التربة والماء w_b

٧- ضع جميع ما في الدورق من التربة والماء في طبق تبخير ثم ضعه في الفرن ليجف وحدد وزن التربة الجافة w_o.

الحسابات :

- الوزن النوعي (درجة حرارة المعمل):

$$G_s \ @ \ T_x = w_o\{ \ w_o + (\ w_a - w_b) \ \}$$

حيث إن :

- T_x : درجة حرارة المعمل
- w_o : وزن التربة الجافة بالجرام
- w_a: وزن الدورق مملوءاً بالماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام
- w_b : وزن الدورق مع التربة والماء عند درجة حرارة المعمل بالجرام

٥-٤اختبارات الركام:

التجربة (١)

الوزن النوعي والامتصاص للركام

Absorption & Aggregate Specific Gravity

الغرض من التجربة:

يتم في هذا الاختبار تحديد الوزن النوعي الكلي والظاهري والامتصاص لمواد الركام الناعمة والخشنة في درجة حرارة ٢٣ درجة مئوية والذي يستخدم في صناعة أنواع الخرسانة.

المواصفات الفنية:

C – 128 & ASTM C – 127

85 - T & AASHTO T – 84

الأدوات المستخدمة:

١- دورق Pycnometer بسعة ٥٠٠ مليلتر.
٢- قالب مخروطي.
٣- أداة للدك Tamper مسافة وزنها ٣٤٥ جرام .
٤- أدوات خلط التربة.
٥- ميزان لا تقل سعته عن ٥ كجم.
٦- وعاء كبير لحفظ العينة.
٧- أداة لتعليق الوعاء في الماء.

طريقة إجراء الاختبار:

الركام الناعم:

١- جهز حوالي ١ كجم من الركام الناعم ثم جففه بفرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة ١٥ إلى ١٩ ساعة.
٢- أفرد العينة على سطح مستوي وجاف بعد تجفيف سطح العينة ثم مرر هواءً ساخناً على العينة بعناية حتى لا تتطاير الحبيبات الصغيرة.
٣- أملأ جزءاً من الدورق بالماء ثم أضف إليه ٥٠٠ جرام من الركام المشبع بالماء والمجفف سطحه (Saturated Surface – Dry SSD) ثم أضف ماء إلى الدورق إلى حوالي ٩٠٪

وحرك الدورق ببطء على شكل حركة نصف دائرية حتى تخرج الفقاعات الهوائية واحسب وزن الدورق والماء والركام .

٤- قم بإخراج الركام من الدورق وجففه في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية واحسب الوزن .

٥- احسب وزن الدورق وهو مملوء بالماء .

٦- احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية :

- **الوزن النوعي الكلي:**

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{\text{A}}{(\text{B}+500-\text{C})} \quad .$$

حيث إن :

A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام .

B = وزن الدورق مع الماء بالجرام

C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام .

- **الوزن النوعي الظاهري:**

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{B+A-C}$$

- **الامتصاص:**

$$\text{Absorption} = \frac{A}{\text{A}-500} \times 100\%$$

الركام الخشن:

١- جهز حوالي ٥كجم من الركام الخشن بعد استبعاد المواد المارة من منخل رقم (٤) ، ثم اغسل الركام وجففه بفرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة لا تقل عن ١٥ ساعة يجب ملاحظة أن وزن الركام الخشن يعتمد على أكبر مقاس للركام .

٢- أفرد الركام على قطعة من القماش حتى يجف سطحه ، وجفف العينات الكبيرة على حده ، واحسب وزن الركام .

٣- ضع الركام في وعاء واحسب وزنه في الماء مع ملاحظة عدم وجود أي فقاعات هوائية بين الركام

٤- جفف الركام في فرن درجة حرارته ١١٠ درجة مئوية ثم برده واحسب الوزن .

٥- احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية

١- الوزن النوعي الكلي:

$$\text{Bulk Specific Gravity} = \frac{A}{B-C}$$

٢- والوزن النوعي الكلي للركام المشبع بالماء والمجفف سطحه:

$$\text{SSD} = \frac{B}{B-C}$$

A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام . B = وزن الدورق مع الماء بالجرام .

C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام .

٣- الوزن النوعي الظاهري:

$$\text{Apparent Specific Gravity} = \frac{A}{A-C}$$

٤- الامتصاص:

$$\text{Absorption} = \frac{A}{B-A} \times 100\%$$

التجربة (٢)

اختبار مقاومة الركام للبري (التآكل للركام)

Los Angelus Abrasion

المواصفات الفنية:

ASTM C – 131

AASHTO T – 96

الغرض من التجربة:

تعيين مقاومة الركام المستخدمة في طبقات الرصف للبرى والتآكل نتيجة احتكاك الحبيبات أثناء الخلط, ونتيجة وإطارات السيارات.

ويتم تعيين هذه المقاومة عن طريق اختبار عينة الركام داخل ماكينة لوس أنجلوس.

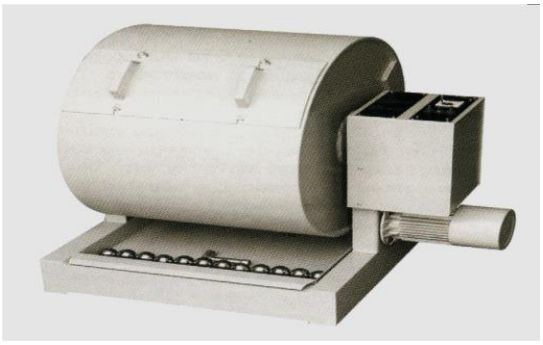
الأجهزة والأدوات:

١- جهاز لوس أنجلوس.

٢- ميزان حساس.

٣- فرن تجفيف.

٤- منخل رقم ١٢.



شكل رقم (٢-٤) جهاز لوس أنجلوس

طريقة إجراء الاختبار:

١- تجهيز عينة الركام بالجدول رقم (٥-٤)كالأتي:

جدول رقم (٥-٤)

مقاس المنخل		الوزن بالجرام التدرج			
مار من	محجوز على	A	B	C	D
37.5	25	1250 ± 25	-	-	-
25	19	1250 ± 25	-	-	-
19	12.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
12.5	9.5	1250 ± 10	2500 ± 10	-	-
9.5	6.3	-	-	2500 ± 10	-
6.3	4.75	-	-	2500 ± 10	-
4.75	2.36	-	-	-	5000 ± 10
المجمـوع		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

٢- تجفيف العينة في فرن التجفيف بدرجة حرارة (١١٠±٥ م°), ثم يؤخذ منها وزن محدد يوضع في جهاز لوس أنجلوس ويوضع معها بعض الكرات حسب الجدول رقم (٦-٤):

جدول رقم (٦-٤)

عدد الكرات	التدرج	وزن العينة بالجرام
١٢	أ	٥٠٠٠ ±٢٥
١١	ب	٤٥٨٤ ±٢٥
٨	ج	٣٣٣٠ ±٢٠
٦	د	٢٥٠٠ ±١٠

٣- تشغيل الجهاز ليعمل دورات بعدد ٥٠٠ لفة (دورة) بسرعة ٣٣/الدقيقة.

٤- تستخرج العينة وتنخل علي منخل رقم ١٢, ويوزن المار من المنخل.

الحسابات:

$$\text{نسبة التاكل} = \frac{\text{الوزن المار من المنخل رقم١٢}}{\text{الوزن الاصلي للعينة}} \times 100$$

النتائج:

جدول رقم (٧-٤) يوضح: تسجيل النتائج للعينات المختبرة لاختبار التآكل للركام

رقم العينة	١	٢	٣
نوع الطبقة			
التدرج			
وزن العينة (جم)			
عدد الكرات			
وزن المار من منخل رقم ١٢ (جم).			
النسبة المؤوية للتآكل %			
مقارنة المواصفات			

المواصفات و المقاييس:

تقارن هذه النسبة بحدود المواصفات كما يلي:

- الطبقة السطحية لا تزيد عن ٣٠%.
- طبقة الاساس لا تزيد عن ٤٠%.
- طبقة ما تحت الاساس لا تزيد عن ٥٠%.

التجربة (٣)

إيجاد كمية المواد الناعمة التي هي أنعم من منخل ٧٥ ميكرون بطريقة الغسيل

المواصفات الفنية :

- (ASTM C117 --- AASHTO T 11).

الهدف من التجربة:

يتم في هذا الاختبار تحديد المواد الناعمة المارة من منخل رقم (٢٠٠)(٧٥ ميكرون) في الركام .

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- تتكون من منخلين أحدهما يعلو الآخر ، الأسفل هو رقم ٢٠٠ والأعلى رقم ١٦ ، وكلاهما مطابق للمواصفات القياسية للمناخل .

٢- وعاء ذو حجم مناسب وكاف لاستيعاب العينة المغطاة بالماء ، ويسمح بالحركة الشديدة دون فقدان أو تناثر الماء والعينة .

٣- ميزان ذو حساسية ٠,١٪ من وزن المادة المطلوب اختبارها .

٤- فرن قادر على إعطاء درجة حرارة ١١٠± ٥ مْ .

٥- مواد ترطيب كالصابون والذي يساعد على انفصال المواد الناعمة .

وزن العينة:

يتم اختبار عينة مخلوطة جيداً وتحوي رطوبة كافية لمنع انفصال الحبيبات بحيث يكون أدنى وزن جاف مقابل لأقصى حجم بالجدول رقم (٨-٤):

جدول رقم (٨-٤)

أقصى حجم	رقم ٨ 2.36 (ملم)	رقم ٤ 4.75 (ملم)	رقم ٣/٨ 9.5 (ملم)	رقم ٣/٤ 19 (ملم)	رقم ١١/٢ 37.5 (ملم)
أدنى وزن للعينة (كجم)	0.10	0.50	1.00	2.5	5.00

طريقة الاختبار:

١- تجفف العينة إلى وزن ثابت في درجة حرارة ١١٠± ٥ مْ وتوزن لأقرب ٠,٢٪ .

٢- يتم وضع العينة بالوعاء ويضاف إليها ماء يكفي لغمرها مع الصابون للتأكد من انفصال المواد الناعمة، ويرج محتوى الإناء جيداً ، ويصب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين ، ويفضل استعمال ملعقة كبيرة للرج والهز للمواد في الماء بحيث يعطي الغسيل نتيجة مقبولة .

٣- تكرر عملية الغسيل حتى تصبح مياه الغسيل صافية .

٤- يتم جمع المواد المحجوزة على المنخلين بصينية ثم يتم تجفيفها إلى وزن ثابت بدرجة حرارة ١١٠±٥مْ .

الحسابات :

$$\text{نسبة المواد المارة من المنخل رقم ٢٠٠} = \frac{\text{الوزن الجاف الأصلي} - \text{الوزن الجاف بعد الغسيل}}{\text{الوزن الجاف الأصلي}} \times 100$$

التجربة (٤)

تحديد كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في الركام

المواصفات الفنية :

- ASTM C142.

- AASHTO T 112.

الهدف:

يحدد هذا الاختبار الكمية التقريبية للكتل الطينية والمواد القابلة للتفتيت في الركام .

الأدوات المستخدمة :

١- ميزان بدقة ٠,١٪ من وزن العينة .

٢- أوعية بحجم وشكل يسمح بانتشار العينة الموجودة بالقاع على شكل طبقة رقيقة .

٣- مناخل قياسية .

٤- فرن تجفيف بحرارة ١١٠± ٥مْ (٢٣٠± ٩فْ)

العينات :

١- يتكون الركام المطلوب لهذا الاختبار من المواد المتبقية بعد الانتهاء من اختبار آشتو (T 11) والخاص بتحديد المواد المارة من المنخل ٧٥ميكرون من الركام المعدني بواسطة الغسيل ، وقد يكون ضرورياً خلط مواد من أكثر من اختبار آشتو (T 11) لتوفير الكميات المطلوبة.

٢- يجفف الركام في درجة حرارة ١١٠± ٥مْ.

٣- تتكون عينات اختبار الركام الناعم من الحبيبات المحجوزة على منخل ١,١٨مم بوزن لا يقل عن ٢٥جم .

٤- تفصل عينات اختبار الركام الخشن باستخدام المناخل التالية ٤,٧٥ملم ، ٩,٥ملم ، ١٩ملم ، ٣٧,٥ملم، على ألا يقل وزن عينة الاختبار عن الأوزان الموضحة بالجدول رقم (٩-٤).

جدول رقم (٩-٤)

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	أقل وزن لعينة الاختبار (كجم)
٤,٧٥ ـ ٩,٥ ملم (رقم ٤ ـ ٣/٨)	١
٩,٥ـ ١٩ ملم (٣/٨ ـ ٣/٤)	٢
١٩ـ ٣٧,٥ ملم (٣/٤ ـ١١/٢)	٣
أكبر من ٣٧,٥ (١١/٢)	٥

٥- في حال وجود خليط من الركام الناعم والخشن يفصل الخليط على منخل رقم (٤) وتجهز العينات حسب البندين ٣ ، ٤ .

طريقة الاختبار:

١- توزن عينة الاختبار وتنشر على شكل طبقة رقيقة في قاع الوعاء وتغمر بالماء لمدة ٢٤ ساعة ± ٤ساعات ، وتصنف حبيبات يمكن تكسيرها بالأصابع إلى مواد ناعمة ويمكن إزالتها

بالنخل المبلل ككتل طينية أو حبيبات سهلة التفتت ، وتفصل الحبيبات المفتتة عن باقي العينة بواسطة النخل المبلل على المناخل المبينة في الجدول رقم (١٠-٤).

جدول رقم (١٠-٤)

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	حجم المناخل اللازمة لإزالة المتبقي من كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت
ركام ناعم على المنخل ١,١٨ملم (رقم١٦)	0.850ملم (رقم ٢٠)
٤,٧٥ - ٩,٥ ملم (رقم ٤ إلى ٣/٨ٌ)	2.36 ملم (رقم ٨)
٥ .٩- ١٩ ملم (٣/٨ٌ - ٣/٤ٌ)	2.36ملم (رقم ٨)
١٩- ٣٧,٥ملم (4/3 ً - ١١/٢)	4.75ملم (رقم ٤)
أكبر من ٣٧,٥ (١١/٢ٌ)	4.75ملم (رقم ٤)

٢- ويجرى النخل المبلل بإمرار مياه على العينة خلال المنخل مع الهز يدوياً حتى تمر جميع المواد الأقل حجماً.

ملاحظة :

- يتم تكسير الحبيبات سهلة التفتت بعصرها ودحرجتها بين أصبعي السبابة والإبهام ولا تستخدم الأظافر لتكسيرها أو ضغطها على سطح صلب.
- ترفع الحبيبات المحجوزة بعناية من المنخل وتجفف على حرارة ١١٠± ٥مْ ويتم تبريدها ثم توزن لأقرب ٠,٠٢٪ من وزن العينة الأصلي .

الحسابات :

$$ط = \frac{و - وم}{و} \times ١٠٠$$

حيث: ط = النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت .

و = وزن العينة الجاف الأصلي.

و م = وزن الأجزاء المغسولة المجففة والمحجوزة على منخل الغسل الموضح بالجدول السابق .

تكون النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في حالة الركام الخشن عبارة عن المتوسط على أساس النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت لكل جزء محجوز على منخل ، ويتم وزنه حسب تدرج العينة الأصلية قبل الانفصال أو متوسط التدرج للعينة التي تمثل المواد الموردة وهو الأكثر تفصيلاً ، ولا تختبر أحجام الركام الممثلة بأقل من ٥ ٪ من أي حجم مبين في البند (٤-١) ولكن لأغراض حساب متوسط الوزن فيفترض أنها تحتوي على نفس النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت للحجم الثاني الأكبر أو الأصغر أيهما وجد.

التجربة (٥)

تقدير المواد اللدنة الناعمة في المواد الصلبة المتدرجة والتربة بطريقة المكافئ الرملي .

المواصفات الفنية:

- ASTM D2419.
- AASHTO T 176.

الهدف من الاختبار:

الهدف من هذا الاختبار هو الحصول على كميات المواد الناعمة اللدنة في الحصى المتدرج والتربة بطريقة سريعة في الحقل.

الأدوات المستخدمة:

١- أسطوانة قياس شفافة ومدرجة قطرها الداخلي ١,٢٥بوصة وبارتفاع حوالي ١٧ بوصة ، وبتدرج حتى ١٥ بوصة وبتقسيم كل ٠,١ بوصة لكل جزء.
٢- أنبوبة من النحاس بقطر خارجي ١/٤ بوصة نهايتها مغلقة ، وبها ثقبان مقاس ٦٠ بالقرب من طرفها.
٣- وعاء زجاجي أو بلاستيكي حجم ١ جالون مزود بتركيبة سيفون مكونة من سدادة بها ثقبين وأنبوبة ملونة نحاسية مثنية ، وتوضع الزجاجة على ارتفاع ٣ أقدام أعلى منضدة العمل.
٤- خرطوم مطاط قطر ٣/١٦ بوصة مزود بضاغط لقطع التيار ، وهذا الخرطوم لتوصيل الأنبوبة النحاسية مع السيفون.
٥- قاعدة ثقل مكونة من قضيب معدني بطول ١٨ بوصة مزود من نهايته السفلى بقاعدة مخروطية بقطر ١ بوصة ، و القاعدة بها ثلاث مسامير حلزونية صغيرة حتى يمكن تركيز القاعدة في

الأسطوانة ، ويعمل غطاء بمقاس أعلى الأسطوانة ويحيط بدون إحكام حول القضيب ، وذلك بغرض تركيز أعلى القضيب داخل الأسطوانة ، ويركب بأعلى القضيب ثقل بحيث يكون وزن التركيبة الكلي ١ كجم.

٦- علبة قياس حجم ٣ أوقية (٨٥ سم٣).

٧- قمع واسع لنقل التربة إلى الأسطوانة.

محاليل الاختبار المستخدمة في التجربة:

- كلوريد كالسيوم غير متميع ٤٥٤جم.
- جليسرين (U.S.P) ٢٠٥٠ جم (١٦٤٠سم٣).
- فورمالدهايد (٤٠ ٪ بالحجم) ٤٧ جم (٤٥سم٣).

١. يذاب كلوريد الكالسيوم في ١/٢ جالون من الماء ثم يبرد ويرشح بورقة ترشيح رقم (١٢) أو أي ورقة ترشيح مشابهة.

٢. يضاف الجلسرين والفورمالدهايد إلى المحلول المرشح ويخلط جيداً ثم يخفف إلى ١ جالون ، ويمكن أن يكون الماء مقطراً أو ماء شرب جيد.

٣. يخفف ٨٥سم٣ من المحلول السابق إلى حجم ١ جالون من ماء الشرب وتملأ الأسطوانة المدرجة حتى علامة ٤,٤بوصة للحصول على ٨٥سم٣ من المحلول.

و يمكن اختبار صلاحية ماء الشرب بمقارنة نتائج اختبار المكافئ الرملي باستخدام هذا الماء مع النتائج باستخدام الماء المقطر .

خطوات العمل:

١- تحضير العينة : يفضل أن تكون العينة المراد اختبارها رطبة ثم تفصل على منخل رقم ٤ ، وإذا كانت الحبيبات الخشنة مغلفة بمواد لا يمكن إزالتها بالفصل فإنها تجفف ثم تفرك باليد ويضاف الغبار إلى الجزء الناعم من العينة.

٢- تجهيز السيفون للعمل وفتح الضاغط.

٣- يفرغ المحلول بواسطة السيفون وتملأ أسطوانة الاختبار حتى عمق ٤ بوصة.

٤- يفرغ في الأسطوانة حجم علبة قياس من عينة التربة أي ما يعادل ١١٠جم من المواد السائبة ، ويتم الضرب على أسفل الأسطوانة جيداً بواسطة كف اليد عدة مرات وذلك لإخراج أية فقاعات هوائية وكذلك لتساعد في بل العينة ثم تترك التربة لمدة ١٠ دقائق.

٥- بعد ذلك تغطى الأسطوانة بواسطة سدادة ثم ترج بشدة من جانب لآخر باتجاه أفقي ، وتعمل ٩٠ دورة في حوالي ٣٠ ثانية بحيث يكون المشوار حوالي ٨ بوصات (٢٠سم) ، حيث تتكون الدورة من حركة كاملة ذهاباً وإياباً ، وحتى يكون الرج جيداً فإنه من الواجب على القائم بهذه العملية

استخدام الجزء الأمامي من الذراع فقط مع جعل الجسم والأكتاف بحالة استرخاء وقد يستخدم جهاز لهذا الغرض.

٦- تزال السدادة وتوضع الأنبوبة النحاسية وتشطف جوانب الأسطوانة ثم يتم إنزال الأنبوبة حتى قاع الأسطوانة وبهذا تنفصل المواد الطينية وترتفع لأعلى ويبقى الرمل في الأسفل ، وعند ارتفاع الماء حتى علامة ١٥ بوصة ترفع الأنبوبة النحاسية بهدوء بدون قطع تيار الماء بحيث يحافظ على منسوب السائل عند حوالي ١٥ بوصة أثناء سحب الأنبوبة ثم تترك المواد بدون قلقلة لمدة ٢٠ دقيقة مع العلم أن أي اهتزاز أو قلقلة أثناء هذه الفترة سوف تؤثر على معدل رسوب الطين وبالتالي إعطاء نتيجة غير سليمة.

٧- بعد ٢٠ دقيقة يسجل منسوب سطح الطين العالق إلى أقرب ٠,١ بوصة.

٨- يتم إنزال قاعدة الثقل في الأسطوانة بلطف حتى تستقر على سطح الرمل ، ثم يلف بخفة وبدون الضغط إلى أسفل حتى يمكن رؤية أحد المسامير الحلزونية التي تضبط المحور ، ثم يسجل المنسوب عند محور المسمار الحلزوني وتعتبر هذه القراءة هي قراءة منسوب الرمل.

الحساب:

$$\text{المكافئ الرملي} = \frac{\text{القراءة عند سطح الرمل}}{\text{القراءة عند سطح العينة}} \times 100$$

وإذا كانت قيمة المكافئ الرملي أقل من القيمة المنصوص عليها يجرى اختباران آخران على نفس المواد وتؤخذ القيمة المتوسطة للنتائج الثلاث على أنها هي المكافئ الرملي .

٦-٤ الإسفلت Bituminous

١-٦-٤ المواد الإسفلتية Bituminous Materials:

تنقسم المواد الإسفلتية إلي مجموعتان رئيسيتان:

١- القار Tars:

وهي عبارة عن سائل لزج لونه اسود ينتج من تقطير الفحم الحجري ويمتاز بقوة لصق كبيرة ولكن من أهم عيوبه هو تأثيره الشديد بالتغير في درجات الحرارة وبالتالي يكون استخدامه قاصراً علي طبقات الأساس فقط ولا يستخدم في الطبقات السطحية إلا إذا تم خلطه مع أنواع أخري من المواد الإسفلتية.

٢- البتيومين أو الأسفلت Bitumen or Asphalt:

هو المادة المتبقية من تقطير البترول الخام و التقطير قد يكون طبيعياً أو صناعياً.

البتيومين هو المادة الموجودة في القار أو الإسفلت ومن أهم خصائصها التماسك أو الالتصاق كذلك عدم نفاذية المياه، والبتيومين مركب من هيدروكربوني مع مشتقات غير معدنية غازية أو سائل أو صلبة وشبه صلبة وهي تذوب تماماً في ثاني كبريتيد الكربون.

ينقسم الإسفلت إلي نوعين:

١- الإسفلت الطبيعي Natural Asphalt:

هو ناتج من تأثير الطبيعة في المناطق الموجود بها خام البترول منذ فترة طويلة بفعل حرارة الشمس والرياح حيث تتطاير المواد الخفيفة والقابلة للتبخر والتطاير بفعل عوامل الطبيعة السابقة وتتبقي المادة الإسفلتية السوداء ومعظم هذه الأنواع تحتوي عليا لشوائب الطين والطفلة والرمل.

وينقسم الإسفلت الطبيعي إلي الأنواع التالية:

- بحيرات الأسفلت Lake Asphalt.
- أسفلت الجلسونيت Gilsonits.
- الأسفلت الصخري.

٢- الإسفلت البترولي Petroleum Asphalt:

يتم تقطير البترول في معامل التكرير وذلك بتعريض الزيت الخام لدرجات حرارة عالية في حدود 900-970°م حيث تخرج الأبخرة الطيارة مثل الجازولين و الكيروسين ثم أبخرة زيت السولار الخفيف وتسحب لتنقيتها من الشوائب قبل الاستعمال أما الجزء الكثيف المتبقي الذي هو أساس زيت الديزل والمازوت فيهبط إلي مستودع للتخزين ثم يتم تسخين الجزء الكثيف المتبقي بواسطة البخار الساخن بين درجة حرارة 270 - 290°م والناتج من هذه العملية لا يحتوي علي بنزين أو كيروسين بالمرة بل توجد فيه زيوت ثقيلة يتم فصلها بالتعاقب علي هيئة أبخرة مثل الديزل يعقبها أبخرة البرافينات الثقيلة الكثيفة ويتبقي في النهاية زيت القطران أو البتيومين في أسفل مستودع البخار حيث يتم سحبه ويعبأ في براميل من الصاج ويسمي كذلك الإسفلت الأسمنتي Asphalt cement.

٢-٦-٤خــواص اختبــارات الإسفلـــت:

١-٢-٦-٤ اختبارات الإسفلت السائل:

أخذ عينات ممثلة للمواد الإسفلتية Materials Sampling Bituminous:

المواصفات الفنية: - AASHTO T- 40

تنطبق هذه الطريقة على كيفية أخذ عينات ممثلة للمواد الإسفلتية سواء أكانت من النوع السائل أو النصف صلبة أو الصلبة من موقع التصنيع أو محطة التزويد أو عند نقطة الشحن وعند موقع العمل ، وتؤخذ العينات إما من التنكات أو الأكوام الاحتياطية أو العربات أو من الحاويات المستخدمة للتخزين أو لشحن المواد الإسفلتية . ولأخذ عينات ممثلة للمواد لها نفس أهمية إجراء الاختبارات عليها يجب اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة للحصول على عينات ممثلة للطبيعة الحقيقية للمادة وكذلك للحالة الملازمة للمواد بحيث يكون حجم المواد السائلة كالأتي:

١- لتر واحد للاختبارات المعملية الروتينية للمستحلبات.

٢- لتر واحد من تنكات التخزين لكل صمام لأخذ العينات.

٣- لتر واحد من البراميل أو الأسطوانات.

٤- يكون حجم العينات النصف صلبة أو الصلبة كالآتي:

- واحد كيلو جرام من البراميل أو الأسطوانات أو القوالب.
- واحد كيلو جرام من المواد ناتج التكسير أو المسحوقة والموجودة في الأكوام الاحتياطية أو العبوات.

التجربة (١)

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 79ْ م .

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 ٥ 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.

التجربة (٢)

تحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية

Materials Penetration Of Bituminous

المواصفات القياسية:

- 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.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- 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 ٩٠° تقريباً على هذا السطح ، كما يجب أن يكون حل المحور قابلاً للفصل من الجهاز بدون استعمال أي أدوات خاصة للتأكد من كتلته. وعندما يتم تركيب الإبرة في الجلبة يجب أن تكون كتلة المحور المتحرك ٤٧,٥±٠,٠٥ جرام وبغض النظر عن طريقة تثبيت الإبرة ، يجب أن يكون الوزن الكلي للإبرة والمحور معاً ٥٠,٠٠٠ ± ٠,١جرام كما يجب أن توفر أوزان ٥٠,٠٠٠ ± ٠,٠٥ جرام و ١٠٠ ± ٠,٠٥ جرام لكي تكون هناك أحمال كلية تساوي ١٠٠جرام و٢٠٠جرام (٠,٩ نيوتن و٢ نيوتن) اعتماداً على ظروف الاختبار المطلوب تطبيقها.

٢- إبرة الغرز:

تصنع الإبرة من قضيب مطبّع (مغطس) وصلب تماماً لا يصدأ ذي درجة حرارة ٤٤٠°م أو مساوٍ له ، ويكون طولها ٥٠ مم (٢ بوصة) تقريباً وقطرها ١,٠٠ إلى ١,٠٢ مم (٠,٠٣٩ إلى ٠,٠٤٠ بوصة) على أن تكون إحدى نهايتيها مستدقاً على شكل مخروط بزاوية تتراوح بين ٨,٧ إلى ٩,٧ درجة من بعد الطول الكلي ذي القطر الكامل للإبرة ، كما يجب أن يتطابق محوره مع محور الإبرة في حدود ٠,٠١٢٧ مم (٠,٠٠٠٥ بوصة) على الأكثر ، وبعد القطع يجب تجليخ نهاية المخروط لتكون مخروط ناقصاً ويكون قطر قاعدته الصغرى بين ٠,١٤ إلى ٠,١٦ مم (٠,٠٠٥٥ إلى ٠,٠٠٦٣ بوصة) كما يجب أن يكون المقطع مربعاً عند اتصاله بمحور الإبرة في حدود درجتين ويكون الحرف حاداً وخالياً من الرايش .

عند قياس ملمس السطح للمخروط المستدق ـ باستخدام المواصفة القياسية رقم (B46.1) التابعة للمعهد الوطني الأمريكي للتقييس _ يكون المتوسط الحسابي لارتفاع وعورة السطح من ٠,٢ إلى ٠,٣ ميكروميتر (٨ إلى ١٢ مايكرو بوصة).

يتراوح طول الجزء المعرض من الإبرة عند تركيبها في طرف جهاز الغرز أو في الجلبة ما بين ٤٠ إلى ٤٥ مم تقريباً (١,٥٧ إلى ١,٧٧بوصة) , وعند تثبيت الإبرة في الجلبة التي تكون عبارة عن قضيب أسطواني قطره ٣,٢ ± ٠,٠٥ مم (٠,١٢٦ ± ٠,٠٠٢ بوصة) وبطول ٣٨ مم (١,٥ بوصة) تقريباً مصنوعة من صلب لا يصدأ أو من النحاس الأصفر بحيث تثبت فيه الإبرة بإحكام ومتحدة معه في

المحور, ويكون وزن الجلبة والإبرة معاً ٢,٥٠ ± ٠,٠٥ جرام (يسمح بوجود ثقب في نهاية الجلبة للتحكم في الوزن).

٣- 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 ٢٠٠ أو أقل يجب أن يكون له سعة ٣ أوقيات (٩٠ مليليتر) ، ويجب أن تكون أبعاده الداخلية كما يلي : القطر ٥٥مم (٢,١٧ بوصة) والعمق ٣٥ مم (١,٣٨ بوصة).

٤- الحمام المائي:

يجب الاحتفاظ بدرجة حرارة الحمام المائي بحيث لا تتغيير عن أكثر من ٠,١ °م (٠,٢ °ف) من درجة حرارة الاختبار ، ويجب ألا يقل حجم الماء عن ١٠ لتر ، كما يجب أن يكون ارتفاع الحمام بحيث يكون الرف المثقب على بعد ٥٠مم على الأقل فوق قاع الحمام ، ويكون مستوى سطح الماء أعلى من قمة الرف المثقب بـ ١٥٠ مم 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.

٥- مقياس لدرجة الحرارة:

المقاييس الآتية متوافقة مع متطلبات مواصفات جمعية اختبار المواد الأمريكية المطلوبة:

١. للاختبارات عند درجة حرارة ٢٥ °م (٧٧ °ف) يستخدم مقياس (ASTM) سايبولت للزوجة ١٧م أو (١٧ف) ذو مدى بين ١٩ إلى ٢٧ °م (٦٦ إلى ٨٠ °ف) ويجب أن يغمر المقياس في الحمام ١٥٠±١٥مم.
٢. للاختبارات عند درجة حرارة صفر °م (٣٢٥ف) و ٤ °م (٣٩,٢٥ف) يستخدم المقياس الدقيق ٦٣٥م (أو ٦٣°ف) ذو مدى بين (٨٥م إلى+ ٣٢٥ف) ويجب أن يغمر المقياس في الحمام ١٥٠ ± ١٥ مم.
٣. للاختبارات عند درجة حرارة ٤٦,١ °م (١١٥ °ف) يستخدم المقياس الدقيق ٦٤ °م (أو ٦٤ °ف) ذو مدى بين ٢٥ إلى ٥٥٥م (٧٧ إلى ١٣١٥ف) ، ويجب أن يغمر المقياس في الحمام١٥٠± ١٥ مم.

بما أن دقة نتائج الاختبار تعتمد على حالات الحرارة المتحكم فيها بدقة ، لذا يجب معايرة المقياس المستخدم في الحمام المائي بواسطة (اختبار التفتيش ومعايرة المقاييس محفورة الساق ذات السائل داخل الزجاج الموضح في المواصفة (ASTM E 77)).

٦- 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 ٩٠مم (٣,٥") على الأقل ويكون العمق الذي يعلو القاع الحامل بمقدار ٥٥مم (٢,١٧") على الأقل.

٧- أداة توقيت:

لأجهزة الغرز يدوية التشغيل يمكن استخدام أي أداة توقيت مناسبة مثل جهاز كهربائي أو ساعة إيقاف أو جهاز آخر مزود بزنبرك بشرط أن يكون مدرجاً إلى ٠,١ ثانية أو أقل ، وتكون الأجهزة ذات دقة في حدود ± ٠,١ ثانية لفترة ٦٠ ثانية ، ويمكن أيضاً استخدام عداد ثواني مسموع مضبوط ليعطي دقة كل ٠,٥ ثانية ، ويجب أن تكون فترة الـ ١١ عدة تستغرق زمن قدرة ± ٠,١ثانية وإذا كان هنا جهاز توقيت أوتوماتيكي متصل بجهاز الغرز فيجب أن يكون معايراً بدقة ليعطي فترة الاختبار المرغوبة في حدود ± ٠,١ ثانية.

تجهيز العينة:

١. يتم تسخين العينة مع الحرص على عدم تعرضها لتسخين موضعي عالي حتى تصبح سائلة ، ثم مع التقليب المستمر ترفع درجة حرارة العينة الأزفلتية بحيث لا تتجاوز ١٠٠˚م أعلى من درجة الطراوة أما درجة حرارة عينة قطران الرصف فيجب ألا تتجاوز ٥٦˚م (١٠٠˚ ف) أعلى من درجة الطراوة المعينة بواسطة طريقة اختبار درجة الطراوة 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 ١٠مم على الأقل عن العمق المتوقع لاختراق الإبرة، ويجب أن تصب عينات منفصلة عند كل تغيير في ظروف الاختبار.

٢. يغطى كل وعاء ومحتوياته كحماية ضد الغبار ويترك ليبرد في الهواء عند درجة حرارة لا تزيد عن٢٩,٥˚م (٨٥˚ ف) و لا تقل عن٢١˚م (٧٠ ف) , ولمدة لا تقل عن ١/٢ ١ساعة (ساعة ونصف) و لا تزيد عن ساعتين في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته ١٧٥مليلتر (٦ أوقيات) ، ولمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن ١/٢ ١ ساعة (ساعة ونصف) في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته ٩٠ مليلتر (٣ أوقيات) ، ثم توضع العينة في الحمام المائي الذي يكون في درجة الحرارة المعينة للاختبار فوق طبق النقل (إذا تم استخدامه) وتترك لمدة لا تقل عن ١/٢ ١ساعة (ساعة ونصف) و لا تزيد عن ساعتين في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته ١٧٥ مليلتر (٦ أوقيات) ، ولمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن ١,٥ ساعة (ساعة ونصف الساعة) في حالة إذا ما كانت العينة في وعاء سعته ٩٠ مليلتر (٣ أوقيات).

طريقة إجراء الاختبار:

١- ما لم يذكر خلاف ذلك يوضع وزن مقداره ٥٠ جرام فوق الإبرة ليصبح الحمل الكلي ١٠٠ جرام للإبرة وملحقاتها ، وإذا تمت الاختبارات وجهاز الغرز مغمورٌ في الحمام فيوضع وعاء العينة مباشرة على قائم الغمر لجهاز الغرز ، أما إذا تمت الاختبارات والعينة في الحمام وجهاز الغرز خارجه فيوضع الوعاء على الرف المزود به الحمام في الخطوات السابقة ، ويجب ترك الوعاء مغموراً تماماً أثناء الاختبار ، وإذا تم الاختبار باستخدام طبق النقل وجهاز الغرز خارج الحمام ، توضع العينة في طبق مملوء بالماء من الحمام إلى عمق يسمح بتغطية تامة لوعاء العينة ، ثم يوضع طبق النقل المحتوي على العينة على قائم 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.

٢- يجب تسجيل ما لا يقل عن ثلاث قيم غرز عند نقاط على سطح العينة بحيث لا يقل بعدها عن جدار الوعاء عن ١٠ مم (٣/٨ بوصة) ، ولا يقل البعد بينهما عن ١٠ مم (٣/٨ بوصة) ، وإذا تم استخدام طبق النقل يعاد الطبق والعينة للحمام المائي بعد كل غرز ، وقبل كل اختبار يتم تنظيف الإبرة بقطعة قماش نظيفة مغمورة ومبللة بالتولين أو أي مذيب آخر مناسب لإزالة كل البيتومين اللاصق ثم تجفف بقطعة قماش جافة نظيفة ، وتستخدم ثلاث إبر على الأقل لقيم الغرز التي تزيد عن ٢٠٠ ، مع تركها في العينة حتى إتمام الغرز.

التقرير:

يسجل لأقرب رقم صحيح متوسط ثلاث قراءات على الأقل لا تختلف قيمتها بأكثر من القيم المبينة في الجدول رقم (١١-٤):

جدول رقم (١١-٤)

الغرز من إلى	صفر 49	50 149	150 249	250 أكثر
أقصى فرق بين أعلى وأقل قيم يتم الحصول عليها	2	4	6	8

الدقة:

انسجام تكرارية التجربة:ـ يجب اعتبار النتيجتين التي يحصل عليهما بنفس القائم بالتجربة في نفس المعمل وباستخدام نفس الجهاز وعلى أيام مختلفة مشكوكاً فيها إذا اختلفتا بأكثر من القيم المبينة في الجدول رقم (١٢-٤):

جدول رقم (١٢-٤)

أزفلت عند ٢٥٥م (٧٧٥ف) ذو درجة غرز أقل من ٥٠	1وحدة غرز واحدة
أزفلت عند ٢٥٥م (٧٧٥ف) ذو درجة غرز من ٥٠ فأكثر	3٪ من متوسطهم
قطران الرصف عند ٢٥٥م (٧٧٥ف)	15٪ من متوسطهم

تقديرات قطران الرصف للدقة مبنية على نتائج من نوعين من القطران بدرجة غرز ٠٢٤,٧ يمكن عدم تطابق التقديرات للمواد الأكثر صلابة أو الأكثر ليونة من تلك الحدود.

التجربة (٣)

اللزوجة الحركية للأزفلت

Kinematic Viscosity of Asphalt

المواصفات القياسية:

- AASHTO T 201

الغرض من التجربة:

١- تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة الحركية للأزفلت السائل البيتومين) وزيوت الطرق والجزء المتبقي من تقطير الأزفلت السائل (البيتومين) وجميعها عند درجة حرارة ٦٠° م

(١٤٠ ف) , وكذلك الأزفلت شبه الصلب عند ١٣٥° م (٢٧٥ ف) (ملحوظة ١) وذلك للزوجة تتراوح بين ٦ إلى ١٠٠,٠٠٠ سنتي ستوك CST)).

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

ملحوظة: تصلح هذه الطريقة للاستخدام عند درجات حرارة أخرى ولكن الدقة المقبولة المعطاة في حالة تطبيق هذه الطريقة على الأزفلت السائل الطريق عند ٦٠° م (١٤٠ ف) وكذلك على الأزفلت شبه الصلب عند ١٣٥° م (٢٧٥ ف) فقط وفي حدود اللزوجة من ٣٠ إلى ٦٠٠٠ 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:

١. 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 ١ سم ٢ /ث وتسمى ستوك (١ستوك) أما في النظام المتري العالمي فإن وحدة اللزوجة الحركية هي ١ م٢/ث وهي تكافئ ١٠٤ ستوك . والوحدة المستخدمة كثيراً هي سنتي ستوك حيث يمكن كتابة (١ سنتي ستوك = ١٠-٢ ستوك).

٢. الكثافة:

هي كتلة وحدة الحجوم من السائل وهي تساوي ١ جم/سم٣ في النظام المتري الفرنسي وتساوي ١كجم/م٣ في النظام الدولي للوحدات.

٣. 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 ١جم/سم .ث (١ داين ث/سم٢) وتسمى بويز (Poise) بينما وحدة اللزوجة

في النظام الدولي للوحدات هي ١ نيوتن ث/م٢ وهي تكافئ ١٠ بويز وغالباً ما تستخدم وحدة سنتي بويز (١ سنتي بويز = ١٠ –٢ بويز).

الأجهزة المستخدمة:

١. أجهزة لقياس اللزوجة (VISCOMETERS):- تستخدم مقاييس اللزوجة من الطراز الشعري وهي تصنع من زجاج البورسيليكات الملدن وهي مناسبة لهذا الاختبار وتتضمن ما يلي:
   - 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.

٢. أجهزة قياس درجة الحرارة (THERMOMETERS):– تتميز مقاييس درجة الحرارة الخاصة باللزوجة الحركية و المعايرة طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد بمدى ٥٨,٦ إلى ٥٦١,٤م (١٣٧,٥ إلى ١٤٢,٥ف) و ١٣٣,٦ إلى ١٣٦,٤م (٥٢٧٢,٥ إلى ٥٢٧٧,٥ف) وتطابق متطلبات المقاييس أرقام ٤٧م و ١١٠م (٤٧ف و١١٠ف) على الترتيب.

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

تم تقنين مقياس درجة الحرارة (المقاييس) ٤٧ْم و ١١٠ْم (٤٧ف و١١٠ف) طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية عند (الغمر الكلي) وهذا يعني أن الغمر حتى قمة عمود الزئبق مع بقاء الجزء المتبقي من الساق وغرفة التمدد بقمة مقياس درجة الحرارة معرضة لدرجة حرارة الغرفة ، ولا يوصى بإجراء الغمر الكلي لمقاييس درجة الحرارة , فإذا غمرت مقاييس درجة الحرارة تماما فلابد من تحديد التصميمات اللازمة لكل مقياس على حدة وذلك على أساس المعايرة تحت ظروف الغمر التام لها . وإذا غمر مقياس درجة الحرارة تماماً في الحمام أثناء الاستخدام فسيكون ضغط الغاز في غرفة التمدد أعلى أو أقل منه أثناء المعايرة مما قد يؤدي إلى قراءات مرتفعة أو منخفضة على مقياس درجة الحرارة.

وقد وضعت المواصفات الخاصة بالجمعية الأمريكية لاختبار المواد بيانات خاصة بالطرق الفنية لمعايرة مقاييس درجة الحرارة.

٣. 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 ٢٠ مم 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± ٠,٠٣° م (± ٠,٠٥° 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 ٦٠° م (١٤٠ ف) ، وقد وجد أن الزيت الأبيض (USP) ذو درجة الوميض الأعلى من ٢١٥° م (٤٢٠ ف) مناسب لإجراء الاختبار عند ١٣٥° م (٢٧٥° ف) ، وتحدد درجة الوميض طبقاً لاختبار درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفولاند المفتوح (AASHTO T48).

٤. أجهزة التوقيت:

- أداة التوقيت: تستخدم ساعة إيقاف أو أي وسيلة توقيت مزودة ببيان تشغيل ومدرجة بأقسام تعادل ٠,١ث أو أقل وتكون دقتها في حدود ٠,٠٥٪ عند اختبارها عبر فترات لا تقل عن ١٥ دقيقة.
- أداة توقيت كهربائية: وهي تستخدم فقط بالدارات الكهربائية التي يصل التحكم في ترددات إلى دقة ٠,٠٥ ٪ أو أفضل من ذلك.

وقد تلاحظ أن التيارات الكهربائية المترددة التي يكون التحكم في ترددات 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.

إعداد العينة:

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

١- الطريقة المستخدمة للأزفلت 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 ٣٠ 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 ٦٣±٣ْ م (١٤٥ ±٥ْ ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي للتقليب.

- يتم صب العينة في مقياس اللزوجة فوراً ، أما إذا كان إجراء الاختبار سيتم فيما بعد فيتم صب حوالي ٢٠ مليلتر داخل وعاء أو عدة أوعية نظيفة جافة ذات سعة ٣٠ مليلتر تقريباً ثم يغلق الوعاء أو الأوعية بإحكام فوراً بغطاء يمنع دخول الهواء.
- في حالة المواد ذات اللزوجة الحركية الأكبر من ٨٠٠ سنتي ستوك عند ٦٠ْم (١٤٠ف) يجرى تسخين العينة التي حجمها ٢٠ مليلمتر داخل الوعاء المحكم في فرن أو حمام ذي درجة حرارة تساوي ٦٣±٣ْم (١٤٥±٥ْ ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لتنقل بسهولة داخل مقياس اللزوجة ويجب ألا تزيد فترة التسخين عن ٣٠ دقيقة.

٢- الخطوات المتبعة للأزفلت شبه الصلب (ASPHALT CEMENT):

- يتم تسخين العينة بالعناية اللازمة لتجنب التسخين الموضعي الزائد حتى تصبح سائلة بالقدر الذي يكفي لصبها ثم تقلب العينة بين الحين والآخر للمساعدة في انتقال الحرارة ولضمان التجانس الجيد.
- ينقل ما لا يقل عن ٢٠ مليلتر في الوعاء المناسب ليبدأ التسخين حتى تصل درجة الحرارة إلى ١٣٥ ±٥,٥ْ م (٢٧٥±١٠ْ ف)، ويستمر التقليب بين الحين والآخر لتجنب التسخين الموضعي الزائد مع مراعاة عدم احتباس الهواء.

طريقة إجراء الاختبار:

١- تختلف قليلاً التفاصيل اللازمة لإجراء الاختبار تبعاً لنوع مقياس اللزوجة المستخدم من حيث تعليمات الاستخدام للنوع المختار من مقياس اللزوجة ، وعلى أي حال لابد من اتباع الطريقة المبينة بالبنود (٦-٢) إلى (٦-٨) في جميع الحالات.

٢- يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار في حدود ±٠,٠٣ْ م (±٠,٠٥ْ ف) ، وتجرى التصحيحات اللازمة (إن وجدت لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة).

٣- يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف بحيث يعطي زمن انسياب أكبر من ٦٠ ثانية ثم يسخن مسبقاً إلى درجة حرارة الاختبار.

٤- مقياس اللزوجة بالطريقة المبينة طبقاً لتصميم الجهاز.

٥- يترك مقياس اللزوجة الممتلئ في الحمام مدة كافية حتى يصل إلى درجة حرارة الاختبار.

٦- يبدأ في انسياب الأزفلت في مقياس اللزوجة.

٧- يجرى قياس الزمن اللازم لمرور الحافة المتقدمة للسطح الهلالي للسائل العلامة الأولى إلى العلامة الثانية بدقة ٠,١ ثانية ، فإذا قل زمن الانسياب عن ٦٠ ثانية لابد من اختبار مقياس لزوجة آخر ذو قناة شعرية يقل قطرها عن الأولى ثم تكرر العملية.

٨- 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.

الحسابات:

تحسب اللزوجة الحركية لأقرب ثلاث أرقام صحيحة باستخدام المعادلة التالية:

التقرير:

لابد دائماً من تسجيل درجة حرارة الاختبار مع النتائج فمثلاً : اللزوجة الحركية عند ٦٠° م (١٤٠ ف) تساوي ٧٥,٦ سنتي ستوك.

درجة الدقة:

يبين الجدول رقم (١٣-٤) معيار الحكم على مدى قبول نتائج اختبارات اللزوجة بهذه الطريقة.

يراعى أن القيم المعطاة بالعمود الثاني هي معاملات التباين التي وجد أنها تلاءم مواد وظروف الاختبار المبين في العمود الأول ، وتعتبر القيم المعطاة في العمود الثالث هي الحدود التي يجب ألا يتجاوزها الفرق بين نتيجتين لاختبارين تم إجراؤهما على النحو الصحيح.

جدول رقم (١٣-٤) توضح: مدى قبول اختبارات تعيين اللزوجة الحركية

المادة ودليل النوع	معامل التباين (نسبة مئوية من المتوسط (أ))	الحدود المقبولة لنتيجتين نسبة مئوية من المتوسط (أ)
دقة تكرار النتائج لفني واحد أزفلت شبه صلب عند ١٣٥°م (٢٧٥°ف)	0.64	1.8
أقل من ٣٠٠٠ سنتي ستوك	0.53	1.5
من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ سنتي ستوك	0.71	2.0
أعلى من أو يساوي ٦٠٠٠ سنتي ستوك	3.2	8.9
دقة تكرار النتائج من مختبرات مختلفة أزفلت شبه صلب عند ١٣٥°م(٢٧٥°ف)	3.1	8.8
أقل من ٣٠٠٠ سنتي ستوك	1.06	3.0
من ٣٠٠٠ إلى ٦٠٠٠ سنتي ستوك (ب)	3.11	9.00
أعلى من أو يساوي ٦٠٠٠ سنتي ستوك (ب)	3.6	1.00

- تمثل هذه الأرقام على الترتيب الحدود لنسبة انحراف معياري واحد (S1٪) أو انحرافين (D2S٪) كما هو مبين في مواصفات الآشتو (R2).
- مبنية على أساس أن لها درجات حرية تقل عن ٣٠ درجة.

المعايرة:

تتم معايرة مقياس اللزوجة الروتيني باستخدام سوائل اللزوجة القياسية ليتم اختبار سائل اللزوجة. قياساً من جدول (١٤-٤) له زمن انسياب لا يقل عن ٢٠٠ث وذلك عند درجة حرارة المعايرة وتفضل أن تكون ٣٧,٨°م (١٠٠°ف) ويحدد زمن الانسياب لأقرب ٠,١ ثانية , ثم يحسب مقياس اللزوجة (ب) كما يلي:

$$ب = \frac{ز}{ن}$$

حيث:

ز = لزوجة السـائل القياسي (سنتي ستوك).

ن = زمن الانسياب (ثانيــة).

ويلاحظ أن ثابت مقياس اللزوجة لا يعتمد على درجة الحرارة لأنواع مقاييس اللزوجة التالية:

١- زيتفوس ذو الذراع المستعرض.
٢- ولانتز – زيتفوس (BS-IP-RF) ذو الأنبوبة على شكل حرف (U).

ويتميز مقياس اللزوجة للسوائل المعتمة (طراز كانون – فينسك) بأن له حجماً ثابتاً للعينة التي يتم ملؤها عند درجة حرارة الملء , فإذا اختلفت درجة حرارة الاختبار عن درجة حرارة الملء يتم حساب ثابت مقياس اللزوجة كما يلي:

ثابت مقياس اللزوجة (ب) = $ب_م$ (١ + م ($هـ_ح$ – $هـ_ل$)).

حيث:

ب م = ثابت مقياس اللزوجة عند ملئه واختباره عند نفس درجة الحرارة.

هـ = درجـة الحرارة.

م = معامل يعتمد على درجة الحرارة.

ح، ل = تشير الأولى (ح) إلى درجة حرارة الاختبار بينما تشير الثانية (ل) إلى درجـة حرارة الملء على الترتيب.

إذا استخدم مقياس اللزوجة عند موضع يختلف عن موضـع معمل المعايرة فيجب تصـحيح الثابت (ب) للفرق في عجلة الجاذبية (ع) عند الموضوعين كما يلـي:

$$ث٢ = \frac{ع٢ \times ث١}{ع١}$$

حيث:

ث٢ = ثابت المعايرة في معمل الاختبار.

ث١ = ثابت المعايرة في معمل المعايرة.

ع٢ = عجلة الجاذبية بمعمل الاختبار.

ع١ = عجلة الجاذبية بمعمل المعايرة.

ويجب أن تذكر شهادات مقاييس اللزوجة قيمة "ع" في موضع معمل المعايرة، ويلاحظ أن الخطأ في تصحيح فعل الجاذبية يؤدي إلى خطأ يساوي ٠,٢٪.

جـدول (١٤-٤) المواصفات القياسية لزيوت اللزوجـة

المواصفات القياسيــة لزيوت اللزوجـة طبقاً لمواصفـات الجمعيـة الأمريكية لاختبـار المـواد اللزوجة	الحركية التقريبية (سنتي ستوك)		
	عند ٣٧,٨م (5100ف)	عند ٥٥٠م (5122 ف)	عند ٩٩٩م (5210 ف)
د ٦٠	60	-	-
د ٢٠٠	200	-	-
د ٦٠٠	600	280	32
د ٢٠٠٠	2000	-	-
د ٨٠٠٠	8000	-	-
د ٣٠٠٠٠	27000	11000	-

معايرة مقياس لزوجة روتيني بمقياس لزوجة قياسي. يتم اختبار أي زيت بترولي له زمن انسياب لا يقل عن ٢٠٠ ثانية ويختار كذلك مقياس لزوجة قياسي معلومة قيمة الثابت "ب" لـه ، فيكون مقياس اللزوجة هذا هو مقياس اللزوجة الرئيسي الذي تمت معايرته بطريقة " الزيادة أو المضاعفة " باستخدام مقاييس لزوجة ذات أقطار كبيرة على التعاقب ابتداءً بالماء المقطر باعتباره المعيار القياسي الرئيسي للزوجة ، أو مقياس لزوجة روتيني من نفس النوع والذي تمت معايرته بالمقارنة بمقياس اللزوجة الرئيسي، وتوجد مقاييس لزوجة معايرة متوفرة عند عدد من الموردين التجاريين.

يركب مقياس اللزوجة القياسي ومقياس اللزوجة المطلوب معايرته مع بعضهما البعض بداخل نفس الحمام ثم يحدد زمن انسياب الزيت بالطريقة المبينة بالبند السادس.

يحسب الثابت (ب) كما يلي:

$$\text{ب}١ = \frac{\text{ت}٢ \times \text{ب}٢}{\text{ت}١}$$

حيث:

ب١ = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة الروتيني.

ث١= زمن الانسياب بمقياس اللزوجة الروتيني لأقرب ٠,١ثانية.

ب٢ = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة القياسي.

ت٢ = زمن الانسياب بمقياس اللزوجة القياسي لأقرب ٠,١ثانية.

التجربة (٤)

اللزوجة المطلقة للأزفلت

Absolute Viscosity of Asphalt

المواصفات القياسية:

– ASTM D 2171

– AASHTO T 202

الهدف من الاختبار:

تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة المطلقة للأزفلت (البيتومين) باستخدام مقاييس اللزوجة الشعرية بالتفريغ عند٦٠ ْم (١٤٠ ف) وهو يستخدم لمواد ذات لزوجة في حدود من ٠,٠٣٦ إلى ٢٠٠,٠٠٠ بويز.

ملحوظة: تناسب هذه الطريقة الاستخدام عند درجات حرارة أخرى إلا أن الدقة المذكورة محددة للأزفلت شبه الصلب عند٦٠ ْم (١٤٠ ْف).

ملخص الطريقة:

يقاس الزمن اللازم لسحب حجم معين من السائل خلال أنبوبة شعرية بواسطة التفريغ ، وذلك تحت ظروف متحكم فيها إلى حد ما من حيث التفريغ ودرجة الحرارة، وتحسب اللزوجة المطلقة بالبويز كحاصل ضرب زمن الانسياب بالثواني في ثابت معايرة مقياس اللزوجة.

ملحوظة: يقل معدل القص كلما تحرك السائل أعلى الأنبوبة إلا أنه يمكن تغييره باستخدام درجات تفريغ مختلفة أو مقاييس لزوجة ذات مقاسات مختلفة ، لذا فإن هذه الطريقة مناسبة تماماً لقياس لزوجة عينة ذات خواص نيوتونية وسوائل غير نيوتونية (معقدة).

التعريفات:

١- تعتبر اللزوجة المطلقة أو الديناميكية لسائل نيوتوني هي: الاحتكاك الداخلي الذي ينشأ إذا أثرت قوة مماسة مقدارها (١) داين على مستويات لها وحدة المساحات يفصل ما بينها وحدة المسافات وذلك بسرعة مماسة قدرها وحدة ، وفي هذه الحالة فإن لزوجة السائل تساوي (١) بويز.

٢- السائل النيوتوني هو: السائل الذي يتناسب فيه معدل القص مع إجهاد القص وتكون النسبة الثابتة لإجهاد القص إلى معدل القص هي لزوجة السائل ، فإذا لم تكن هذه النسبة ثابتة كان السائل غير نيوتونى.

الأجهزة والمعدات المستخدمة:

١- مقياس درجة الحرارة: مقياس الحرارة الخاص باللزوجة الحركية طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد في حدود من ١٣٧,٥ إلى ١٤٢,٥°ف ، ويطابق متطلبات مقياس درجة الحرارة ٤٧° ف و٤٧° م المبين بالمواصفات ، ويمكن استخدام أي أدوات لقياس درجات الحرارة شريطة أن تكون دقتها وحساسيتها تساوي إن لم تزد عن تلك القيم للمقياس المبين.
لقد تم معايرة مقياس درجة الحرارة المذكورة عند الغمر التام والذي يعني الغمر حتى قمة محور الزئبق بينما يكون المتبقي من الساق وغرفة التمدد أعلى مقياس درجة الحرارة مكشوفاً لدرجة حرارة الغرفة ، ولا يوصى بإجراء الغمر الكلي التام لمقياس درجة الحرارة لأنه إذا غمرت هذه المقاييس تماماً فإنه يجب أن تجرى تصحيحات كل مقياس على حدة على أساس المعايرة تحت ظروف الغمر التام بعد تحديدها ، وإذا غمر المقياس كلياً في حمام أثناء الاستخدام فإن ضغط الغاز بغرفة التمدد يكون أعلى أو أقل عنه أثناء عملية المعايرة مما قد يؤدي إلى قراءات عالية أو منخفضة على مقياس درجة الحرارة.

٢- الحمام المستخدم: يعتبر الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة إذا ما كانت علامة التوقيت العليا تنخفض عن سطح السائل بالحمام بمقدار لا يقل عن ٢٠ مم ، وكذلك رؤية كلٍّ من مقياس اللزوجة أو مقياس درجة الحرارة بوضوح ، ولا بد من التثبيت الجيد لمقياس اللزوجة كما يجب أن تكون كفاءة التقليب والموازنة بين الفقد في الحرارة والحرارة الداخلة بالقدر الذي لا تتغير معه درجة حرارة سائل الحمام بأكثر من ±٠,٠٣°م (±٠,٠٥°ف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو ما بين مقياس لزوجة وآخر في مواضيع مختلفة بالحمام.

٣- نظام التفريغ: يستطيع نظام التفريغ المحافظة على قدر من التفريغ في حدود ± ٠,٥ مم من المنسوب المطلوب على ألا يتعدى ٣٠٠ مم زئبق ، ويجب استخدام أنابيب زجاجية قطرها الداخلي ٦,٣٥مم (١/٤بوصة) كما يجب أن تكون جميع المفاصل الزجاجية محكمة ضد تسرب الهواء بحيث لا يبين المانومتر الزئبقي ذو الطرف المفتوح والمدرج بأقسام "١" مم أي فقد في التفريغ عندما يكون النظام مغلقاً , ويمكن استخدام مضخة تفريغ كمصدر للتفريغ.

٤- أداة التوقيت: تستخدم ساعة إيقاف أو أي أداة توقيت أخرى مدرجة إلى أقسام يعادل القسم الواحد منها "٠,١" ثانية أو أقل وتبلغ دقتها في حدود ٠,٠٥٪ عند اختبارها عبر فترات زمنية لا تقل عن "١٥" دقيقة.

٥- أدوات توقيت الكهرباء: وهي لا تستخدم إلا مع دارات كهربائية يتم التحكم في ترددتها بدقة ٠,٠٥٪ أو أفضل.

يمكن أن تؤدي التيارات الكهربائية المتناوبة ذات الترددات التي يتم التحكم فيها تحكماً متقطعاً وليس بصفة مستمرة كما هو الحال في أغلب مجموعات القدرة الشائعة إلى أخطاء جسيمة, خاصة في حالات فترات التوقيت القصيرة عندما تستخدم لتشغيل أدوات التوقيت الكهربائية.

إعداد العينة:

١- يتم تسخين العينة مع مراعاة العناية لتجنب التسخين الموضعي الزائد حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لصبها وتقلب العينة بين الحين والآخر لمساعدة الانتقال الحراري ولضمان التجانس ويجب ألا تتعدى درجة الحرارة القصوى ١٠٠°م أو ١٨٠°ف فوق درجة الطراوة المتوقعة.

٢- ينقل قدر من العينة لا يقل عن ٢٠ ملليتر إلى وعاء مناسب ثم يسخن حتى١٣٥° ± ٥,°م (٢٧٥±١٠°ف) ويجرى تقليبها بين الحين والآخر للحيلولة دون حدوث تسخين موضعي زائد مع مراعاة العناية لعدم حبس هواء بالعينة.

طريقة العمل:

١- تختلف التفاصيل المحدودة لعمل الاختبار قليلاً تبعاً لنوع مقاييس اللزوجة لمعرفة بيانات عن قياس اللزوجة المختارة ، وفي جميع الحالات وعلى أي حال تتبع الطريقة العامة المبينة في البنود الآتية:

- يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار وهي ٦٠° م في حدود ± ٠,٠٣° م (± ٠,٠٥° ف) وتجرى التصحيحات اللازمة إذا لزم ذلك لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة.
- يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف يعطي زمن انسياب أكبر من ٦٠ ثانية ، ثم يسخن حتى درجة ١٣٥ ± ٥,٥° م (٢٧٥ ± ١٠° ف).
- يملأ مقياس اللزوجة بصب العينة المعدة في حدود ± ٢ مم من خط الملء (هـ).
- يوضع مقياس اللزوجة الممتلئ في فرن أو حمام درجة حرارة ثابتة مقدارها ١٣٥ ± ٥,٥° م (٢٧٥ ± ١٠° ف) لمدة ١٠ ± ٢ دقائق لضمان خروج فقاعات الهواء الكبير.
- ينقل مقياس اللزوجة من الفرن أو الحمام ثم يوضع خلال خمسة دقائق في حامل ويضبط مقياس اللزوجة في وضع رأسي داخل الحمام الذي تم ضبط درجة حرارته عند ٦٠° م بحيث لا تقل علامة التوقيت العليا عن ٢٠ مم أسفلْ سطح السائل بالحمام.
- يتم إحداث تفريغ قدره ٣٠٠ ± ٠,٥ مم زئبق في جهاز التفريغ ثم يوصل هذا الجهاز بمقياس اللزوجة والصمام المفصلي أو المحبس مغلقاً بالخط الموصل إلى مقياس اللزوجة.
- ويبدأ في انسياب الأزفلت داخل مقياس اللزوجة بعد انقضاء مدة ٣٠ ± ٥ دقائق من بدء وجود مقياس اللزوجة داخل الحمام وذلك بفتح الصمام المفصلي بالخط الموصل لجهاز التفريغ.
- يقاس الزمن اللازم لتمر حافة سطح السائل العلوية بين زوجين متتابعين لعلامات التوقيت بدقة ٠,١ ثانية ويسجل زمن الانسياب الأول الذي يتجاوز ٦٠ ثانية بين زوجين من علامات التوقيت مع ملاحظة تعيين زوج علامات التوقيت.

٢- يعتبر تنظيف مقياس اللزوجة ذا أهمية قصوى، ويمكن إتباع أية طريقة للتنظيف شريطة الحصول على سطح نظيف جاف في الأنبوبة ، ويوصى باستخدام الطريقة التالية في التنظيف، يزال مقياس اللزوجة من الحمام بعد انتهاء الاختبار ، ويوضع في وضع مقلوب في فرن عند درجة حرارة ثابتة قدرها ١٣٥ ± ٥,٥° م (٢٧٥ ± ٦٠° ف) حتى ينساب الأزفلت تماماً من مقياس اللزوجة الذي ينظف بعد ذلك جيداً بشطفه عدة مرات بواسطة مذيب مناسب قابل للامتزاج تماماً مع العينة ، ثم يعقب ذلك استخدام مذيب متطاير تماما، وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار بطيء من الهواء الجاف المرشح خلال الاختناق الشعري لفترة ١٢٠ ثانية ، أو حتى إزالة كل أثر للمذيب ، ويراعى تنظيف الجهاز دورياً بمحلول حمض الكروميك لإزالة الرواسب العضوية ثم يشطف جيداً بالماء المقطر والأسيتون الخالي من الرواسب ويجفف أخيراً بهواء جاف نظيف.

التجربة (٥)

الطريقة القياسية لتحديد نقطة الطراوة

Softening Point

المواصفات القياسية:

– AASHTO T – 53

مقدمة:

١- ينتقل البيتومين تدريجيا من حالة الصلابة ، ويصبح أكثر طراوة وأقل لزوجة كلما ارتفعت درجة الحرارة ضمن مدى واسع من الحرارة.

٢- كلما كانت نقطة الطراوة أعلى قلت حساسية البيتومين للحرارة، ولذلك تفيد هذه التجربة في مقارنة أنواع الأزفلت المختلفة ، وهذا يساعد على تصنيف أنواع البيتومين، وتعطينا فكرة عن ميل البيتومين للانسياب عند درجات الحرارة المرتفعة عندما يوضع علي الطريق.

٣- 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 الطراوة العالية تعني عدم انسياب البيتومين أثناء وبعد الاستعمال.

تعطي هذه التجربة تعيين نقطة الطراوة للأزفلت في مدى يتراوح من ٣٠ إلى ١٧٥مْ باستخدام جهاز الحلقة والكرة في حمام ساخن به محلول الأيثيلين جليكول.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- حلقات من النحاس.

٢- كرة من الصلب بقطر ٣/٨ (٩,٥ مم) وتزن ٣,٥± ٠,٠٥جم.

٣- دليل مصنوع من النحاس لتحديد المركز للكرة كما.

٤- حمام ذو سعة ٨٠٠مليليتر من نوع الكأس الثابت وبزجاج مقاوم للحرارة.

٥- حامل الحلقة.

٦- مقياس الحرارة المستخدم لقياس درجة التطرية للمادة البيتومينية يكون له مدى من ٥١م إلى ٥١٧٥م أي من ٥٢٠ف إلى ٥٢٥٠ف.

٧- حمام السوائل: أيثلين جليكول ذو درجة غليان بين ٥١٩٣ م و ٥٢٠٤م.

العينات:

١- يتم تسخين البيتومين مع التحريك لمنع التسخين الموضعي حتى يصبح سائلاً يمكن سكبه ، ويجب ألا يسخن الأزفلت الأسمنتي أكثر من ١٠٠مْ أعلى من نقطة الطراوة المتوقعة ، و ألا يستمر التسخين من ٣٠ دقيقة فوق لهب أو ساعتين في فرن مع تجنب حدوث فقاعات هوائية.

٢- 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 الأزفلت الزائد بالسكين، ويجب أن ينتهي العمل خلال أربع ساعات.

طريقة الفحص:

١- توضع الحلقات الحاوية للعينات فوق القطعة المخصصة لحملها ، ويوضع فوقها الحلقات (القطع) التي تبقي الكرة فوق الأزفلت في المركز وتغمر المجموعة في حمام من سائل الأيثيلين جليكول (Ethyleneglycol) وبعمق يتراوح بين ١٠٠ – ١٠٨ ملم بشكل يبعد أسفل اللوحة السفلى مسافة تتراوح بين ٢٥ – ٣٧ ملم من قاع الوعاء ويوضع ميزان الحرارة في منتصف الوعاء رأسياً حتى يصل إلى مستوى الحلقات دون أن يلامس الحلقات أو اللوحة.

٢- تثبت درجة الحرارة للحمام عند ٤ ± ١مْ لمدة ١٥ دقيقة.

٣- توضع الكرات فوق عينات الأزفلت ضمن الحلقات التي تبقي الكرات في مركز العينة.

٤- ابدأ التسخين بحيث ترتفع درجة الحرارة تدريجياً بمعدل ٥ ± ٠,٥مْ 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 ٣ دقائق. ويستمر التسخين للكرات والعينة حتى تبدأ العينة بالانسياب والهبوط ، وعندما تلامس العينة اللوحة السفلية تسجل درجة الحرارة ، 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.

٢-٢-٦-٤ اختبارات الخلطات الأزفلتية المستخدمة في الرصف:

الطريقة القياسية لأخذ عينات ممثلة للخلطات الأزفلتية المستخدمة في الرصف:

المواصفـة الفنيـة:

-(AASHTO T 40-72)

مقدمة:

هذه الطريقة تحدد أسلوب أخذ العينات للخلطات الأزفلتية المستخدمة في الرصف وكذلك مواد الخلطة ، وهذه العينات يمكن استخدامها كعينة ممثلة للخلطة الأزفلتية وكذلك لتحديد التغير الدوري في خواص الخلطة وذلك بهدف ضبط الجودة.

اختيـار العينة:

إن طريقة أخذ عينات ممثلة للمواد له نفس أهمية إجراء الاختبارات للمواد ، ويجب اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة للحصول على عينات ممثلة للخلطات الأزفلتية ، فمثلاً يجب تفادي حدوث انفصال للمواد بين الركام الخشن وبين المواد الناعمة للخلطة الأزفلتية.

كما يجب اتخاذ الاحتياطات لمنع حدوث أي تلوث للعينات بواسطة الغبار أو أي مواد غريبة أخرى.

عينات الخلطة الأزفلتية التي تستخدم كعينات قبول أو رفض لغرض التحقق من مطابقة مواد التنفيذ للمواصفات يجب أن تختار بواسطة مهندس ممثل **للمالك** او من يمثلة وذلك طبقا للخطوات المتبعة لذلك.

حجم العينات :

تعتمد كمية العينة على المقاس الاسمي الأكبر للحصى (الركام) والجدول رقم (١٥-٤) يوضح أقل كمية مطلوبة.

جدول رقم (١٥-٤) يوضح أقل وزن ومساحة للعينة باعتبار مقاس الركام

أقل مساحة للخلطة المدموكة سم٢	أقل وزن للعينة غير المدموكة(كجم)	المقاس الاسمي الأكبر (ملم)
1450	16	50
950	11	37.5
950	9	25
650	7	19
400	5	12.50
250	4	9.50
250	2	4.75
250	2	2.38

العينات الممثلة المأخوذة عند أماكن الإنتاج:

الخلطة التي يتم تفريغها من الخلاطة يجب أن تؤخذ من كومة بواسطة مغرفة (SHOVEL / SCOOP)وذلك من أسفل إلى أعلى وذلك عند نقطتين تفصلهما زاوية مقدارها ١٨٠درجة ، ويتم تجزئة العينة بعد ذلك إلى الوزن المطلوب بإعادة الخلط ثم التقسيم ، وإذا كانت العينة تمثل أكثر من خلطة فإن العينة يجب أن تؤخذ عند أوقات منتظمة من الخلطات المتعاقبة طبقاً لما ذكر أعلاه عند أخذ العينة وتوضع في إناء مناسب ، وعند جمع العينات من خلطات مختلفة فإنها تخلط ثم تقسم على سطح ناعم ونظيف , وفي بعض الأحيان فإن العينة المأخوذة تحتاج إلى التدفئة وذلك لتسهيل عملية إعادة الخلط والتقسيم ، ولكن يجب اتخاذ الاحتياطات لتفادي زيادة التسخين لأي جزء من العينة ، ويتم التسخين بالقدر الكافي فقط لجعل الخليط أكثر سهولة عند الخلط إذا كان الغرض من العينة هو ضبط الإنتاج الخاص بالخلاطة فإن العينة لا تخلط ولكن يتم أخذها بمفردها.

العينات المأخوذة من الأكوام الاحتياطية يجب أن تؤخذ بواسطة مزج كميات متساوية من المخلوط مأخوذة من حفر محفورة في نقاط مختلفة عند أعلى ووسط وقاع الكومة (Stock Pile) ، ويتم تجزئة العينة إلى الحجم المطلوب للعينات الممثلة للخلطات.

العينـات المماثلـة المأخـوذة أثنـاء الرصف:

يجب أن لا يقل حجم العينـة المأخـوذة من موقـع تم رصفـه (إعادة أخذ العينة من وراء الفرادة) PAVERولغرض تحديد خواص الخلطة عن المساحة المذكورة في جدول رقم (١٥-٤) , ويجب أن تمتد إلى كامل عمق طبقة الرصف ، ويجب أن لايقل عدد العينات عن عينة واحدة لكل رصف يومي . كما يجب أن تقطع العينة بالطريقة المناسبة والتي تسمح بأقل تأثير على كثافة العينة ،ويجب المحافظ علي شكل العينة المأخوذة اثنا النقل وذلك بحمايتها ودعمها

العينات الممثلة المأخوذة من الخلطات المخلوطة بنفس الموقع:

يجب أن تؤخذ عينات من الخلطات التي يتم خلطها بالموقع (موقع الرصف) ، وذلك لغرض تحديد الخواص الفيزيائية للخلطة وتحديد نسبة البيتومين وذلك بعد خلط البيتومين جيداً مع المواد.

وإذا كانت الخلطة على هيئة أكوام فتؤخذ عينة واحدة كل ١٥٠م طولي وتختبر لوحدها، وتؤخذ العينات بعد أن تتم تسوية الكومة عند نقطة واحدة إلى طبقة واحدة بسمك حوالي ٠,٣م ، ويتم أخذ عينات من ثلاثة أماكن مختلفة لغرض أخذ الكمية الكافية ، وإذا كانت الخلطة قد تمت تسويتها في الطريق فإن العينة تؤخذ كل١٥٠م طولي ، وإذا أريد أخذ عينات إضافية من الخلطة للتأكد من تجانسها فإنها تؤخذ كل ١٥٠م طولي وعلى بعد ٠,٦م من مسافة الرصف ، وتتخذ الاحتياطات لتفادي قطع مواد من طبقة الأساس أو تحت الأساس الموجودة أسفل طبقة الازفلت٠

التجربة رقم (١)

الطريقة القياسية لاستخلاص الأزفلت من الخلطات الأزفلتية وتحديد مكونات الخلطة

مقدمة:

تحدد هذه التجربة تعيين كمية الأزفلت (البيتومين) الموجودة في الخلطات الأزفلتية الساخنة ولعينات الأزفلت المستعملة على الطرق ، وتجرى كذلك تجربة التدرج الحبيبي للركام بعد استخلاص الأزفلت , وتستعمل هذه الطريقة من اجل تحديد مطابقة الخلطاط للمواصفات وتقويمها تدعيمها٠

الأجهزة:

١- ورق ترشيح على هيئة حلقات بمقاس الوعاء سمكه ٠,٥± ٠,٠٠٥ بوصة.

٢- ميزان ، ولوحة تسخين كهربائية ، ومخبار مدرج ١٠٠ــ٢٠٠ملم **و** فرن درجة حرارته ١١٠ ± ٥ مْ وبوتقة للحرق سعتها ١٢٥ملم، ووعاء تجفيف محكم الإغلاق، ومناخل قياسية.

المحاليل:

١- محلول الترايكلورو أيثيلينTrichloroethelene .

٢- محلول كربونات الأمونيوم(NH4) 2 Co3)) .

تحضير العينة:

إذا كانت الخلطة غير لينة لنتمكن من تقسيمها بالمسطرين أو السكينة توضع في الصينية وتسخن حتى يمكن تفكيكها.

تقسم العينة بالتربيع حتى نحصل على كمية مناسبة للفحص في حدود المرفق في الجدول رقم (١٦-٤):

جدول رقم (١٦-٤)

أقل وزن للعينة (كجم)	المقاس الاسمي الأكبر للركام (ملم)
4.00	37.500
3.00	25.00
2.00	19.00
1.50	12.500
1.00	9.500
0.500	4.75

إذا كانت العينة بها رطوبة نسبتها أكبر من ١,٠٥٪ فإنه يتم حساب محتوى الرطوبة ، وبعد ذلك تؤخذ عينة يكون وزنها حسب المقاس الأكبر الاسمي للركام كما هو مذكور بالجدول السابق وتوضع في إناء جهاز الاستخلاص.

تغمر العينة الموجودة بالإناء بمحلول الترايكلور و أيثيلين وتترك لمدة لا تزيد عن ساعة حتى يتحلل المزيج ، ويوضع الإناء والمحلول والعينة في الجهاز ، وتوضع ورقة الترشيح بعد وزنها على فوهة الإناء ، ويتم وضع الغطاء بإحكام ، ويوضع مخبار تحت فتحة التصريف ،يدار الجهاز ببطء في البداية ، ثم تزاد سرعته تدريجياً حتى تصل السرعة إلى٣٦٠٠ دورة في الدقيقة ، حتى يتوقف انسياب

المحلول من الجهاز ، ثم يوقف الجهاز ، وتوضع ٢٠٠ملم من المحلول ، وتعاد التجربة عدة مرات حتى يصبح السائل الـخارج من الجهاز مثل لون القش الفـاتح (يكون السائل نظيفاً)يفتح الجهاز ، وترفع ورقة الترشيح ، وتجفف في الهواء ، ثم توضع في فرن تجفيف درجة حرارته ١٠٠مْ وتعاد المواد العالقة بورقة الترشيح إلى الركام في الإناء.

توضع محتويات الإناء في الصينية ، وتجفف بحمام بخاري ، ثم توضع بالفرن أو على اللوحة الساخنة في درجة حرارة ١١٠مْ ± ٥مْ حتى ثبات الوزن ، ويكون وزن الركام بعد استخلاص الأزفلت(و٣) يساوي وزن الركام في الصينية + الزيادة في وزن ورقة الترشيح يتم تسجيل حجم المحلول الذي تجمع في المخبار المدرج بعد تحريكه بشكل كافٍ ، و ليكن (ح٢) ثم يؤخذ منه ١٠٠ملم إلى بوتقة الحرق بعد أن يتم تحديد وزنها فارغاً ، وتجفف المحتويات في البوتقة على لوحة معدنية ويحرق الباقي على درجة ٥٠٠ – ٦٠٠ مْ . ثم تبرد وتوزن ويضاف ٥ ملم من محلول كربونات الأمونيوم المشبع لكل جرام من الرماد ، ويترك ليذوب لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة ، ثم يجفف في درجة حرارة ١٠٠مْ حتى ثبات الوزن ، ثم يبرد ويحسب وزن الرماد وتحسب كتلة المواد الصلبة في الخلاصة (و٤) كما يلي :

$$\text{وزن الرماد} = \frac{\text{ح١}}{\text{ح٢}-\text{ح١}} \times (\text{و٤}) \text{ (جم)}$$

حيث:

- ح١ = حجم المحلول الكلي.
- ح٢ = حجم المحلول بعد أخذ العينة ، أي أن ح١ – ح٢ هي الحجم الذي تم أخذه .

الحسابات :

$$\text{تحسب نسبة الازفلت في العينة}\% = \frac{\text{و١} - \text{و٢} - (\text{و٣} + \text{و٤})}{\text{و١} - \text{و٢}}$$

حيث :

- و١ = وزن عينة الخلطة المستعملة للفحص
- و٢ = وزن الماء في العينة
- و٣ = وزن الركام في اناء جهاز الاتخلاص + الزيادة في ورقة الترشيح
- و٤ = وزن المواد المواد الصلبة في المحلول (والتي تم حسابها اعلاه).

التجربة(٢)

الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة باستعمال العينات المشبعة المجففة السطوح من الخارج.

المواصفات الفنية :

- AASHTO T-166-78
- ASTM D 2726

مقدمة:

١- يتم في هذه الطريقة تحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة في المختبر أو عينات مأخوذة من الموقع بعد الرصف . ويتم تحديد الوزن النوعي لعينات المختبر وكذلك حساب نسبة الفراغات الهوائية وفراغات الحصى. (VMA) وهذه العينات يتم تحضيرها كما هو مذكور في تجربة مارشال (أما العينات المأخوذة من الموقع فيتم تحديد الوزن النوعي لها كما يتم تحديد كفاءة الدمك في الموقع وذلك بإيجاد نسبة الدمك لعينات الرصف).

٢- تستخدم هذه الطريقة لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أزفلتية مدموكة مسامية أو ذات مسامات متصلة (فراغات) وذلك بوزنها في الهواء ثم وزنها في الماء عند درجة حرارة ٢٥ مْ وتحديد حجمها.

الجهاز:

١- ميزان مزود بوسيلة لتعليق العينة وغمرها في حوض ماء حيث يحدد وزنها وهي في الهواء ووزنها وهي مغمورة بالماء.

٢- حمام ماء لغمر العينات مع وجود وسيلة تصريف لكي ينسكب الماء الزائد عند غمر العينات حتى يكون ارتفاع الماء ثابتا.

العينات:

ذكر فالعينات إما أن تكون محضرة لاختبار مارشال أو عينات مأخوذة من الرصف على شرط أن يكون قطر العينة أربعة أضعاف أقصى مقاس لحبيبات الحصى ، ولا يقل سمكها عن ١,٥× أقصى مقاس للحبيبات ، ويجب أن تكون العينات غير مشوهة ولا تحتوي على مواد غريبة مثل بقايا من طبقة أزفلت لاصقة أو تراب ، وإذا كانت العينة تحتوي على طبقات سطحية وطبقات أساس فيمكن فصل الطبقات المختلفة بواسطة المنشار

الطريقة:

هناك عدة طرق لتحديد الوزن النوعي لعينات الأزفلت المدموكة وسيتم هنا توضيح طريقتين :

الطريقة الأولي:

١- إذا كانت العينات تحوي ماء يتم غمرها في حمام مائي عند درجة حرارة ٢٥مْ لمدة ٣-٥ دقائق ثم توزن وهي مغمورة بالماء وليكن الوزن (ج) ، وإذا اختلفت حرارة العينة عن حرارة الحمام بأكثر من ٢ مْ تبقى مغمورة بالماء لمدة ١٠-١٥ دقيقة قبل الوزن تخرج العينة من الماء ويعاد وزنها وتمسح بقطعة قماش لتجفيف سطحها الخارجي ويتم وزنها في الهواء وليكن (ب) ، ثم تجفف العينة في فرن درجة حرارته ١١٠ مْ تقريباً لمدة ١٥ – ٢٤ ثم تبرد وتوزن وليكن وزنها (أ)

٢- إذا كانت العينات جافة كتلك التي تحضر لتجربة مارشال توزن أولاً في الهواء بعد أن تكون قد بقيت ساعة في الهواء ، وليكن الوزن (A) ، ثم تغمر في ماء درجة حرارته ٢٥مْ لمدة ٣ – ٥ دقائق ، ثم توزن وهي مغمورة بالماء ، ليكن وزنها(C) وتخرج من الحمام وتمسح بقطعة قماش وتوزن و ليكن وزنها(B)

$$\text{نسبة الفراغات الهوائية\%} = \frac{\text{الوزن النوعي النظري الاخصي} - \text{الوزن النوعي للعينة}}{\text{الوزن النوعي الظري الاخصى}}$$

الطريقة الثانية:

عينة مغلفة بالبرافين (Paraffin Coated Specimen)

١- يتم تحديد وزن العينة الجافة وليكن (A) وذلك بعد تجفيفها في درجة حرارة ٦٠م ± ٥م وتركها في الهواء لمدة ساعتين.

٢- يتم تغليف جميع أسطح العينة المغلفة والتأكد من تغطية جميع المسامات بها بالبرافين المذاب ثم تترك العينة لتبرد في الهواء في درجة حرارة الغرفة لمدة ٣٠ ثانية، ثم يتم وزنها وليكن (D).

٣- يتم وزن العينة المغلفة في ماء درجة حرارته ٢٥ ± ١م ، وليكن وزن العينة (E).

٤- يتم تحديد الوزن النوعي للبرافين (Specific Gravity of Paraffin) درجة حرارة ٢٥ ± ١م ، وليكن (F).

الحسابات:

$$\text{الوزن النوعي للعينة} = \frac{A}{(D-E) - \frac{(D-A)}{F}}$$

حيث:

- A = وزن العينـة الجافة في الهواء (جم)
- D = وزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الهواء (جم)
- E = وزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الماء (جم)
- F = الوزن النوعي للبرافين عند درجة حرارة51 ± 25 م

يتم تصحيح الوزن النـوعي إذا كـانت درجة حرارة الحمـام المـائي تختلف اختـلافاً كبيراً عن ٢٥م (انظر المواصفة ,ASTM D 2726)وذلك حسب المعادلة التالية :

$$R = \Delta t \times KS \times (B - C)$$

حيث :

- R = التصحيح (Correction)
- Δt = الفرق بين درجة حرارة25 مْ ودرجة حرارة الحمام
- KS = معامل التمدد الحراري التكعيبـي المتوسط للخرسانة البيتومينية

التجربة (٣)

الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي الأقصى النظري للخلطات الأزفلتية لعينة غير مدموكة

المواصفات الفنية:

-ASTM D 2041

-AASHTO T 209

الهدف من التجربة:

تحدد هذه الطريقة الوزن النوعي النظري الأقصى لعينات الخلطة الأزفلتية الغير مدموكة والذي يستخدم في حساب نسبة الفراغات الهوائية للخلطات الأزفلتية ونسبة امتصاص الأزفلت.

الأجهزة والأدوات المستخدمة:

١- دورق زجاجي أو معدني سعته على الأقل ١٠٠٠ملتر ، ويجب أن يكون قوياً لتحمل شفط الهواء وله غطاء , ويثبت بـه خرطوم مع منخل معدني يغطي فتحة الخرطوم حتى يمنع نفاذ المواد الناعمة أثناء تفريغ الهواء.

٢- ميزان حساس لحساب الوزن النوعي للعينة لأربعة أرقام (أي ثلاثة أرقام عشرية) ويزود الميزان بوسيلة لتعليق العينة به.
٣- مضخة تفريغ الهواء مع أداة لقياس الضغط (ضغط الهواء أقل من أو يساوي30 ملم زئبق).
٤- حمام ماء . في حالة استخدام الإناء يكون الحمام المائي مناسباً لغمر الإناء ويعمل الجهاز على تعليق الإناء من مركز كفة الميزان ، وفي حالة استخدام القارورة يكون من المناسب استخدام حمام مائي ذي درجة حرارة ثابتة.

معايرة الدورق:

تتم معايرة الدورق بقياس وزن الماء بدقة في درجة حرارة ٢٥ مْ ± ٠,٥مْ ، وعادة يتم التأكد من ملء الدورق كاملاً بالماء دون وجود أي فقاعات هواء، وذلك باستخدام غطاء زجاجي يوضع على فتحة الدورق ويظهر هذا الغطاء أي فقاعات هوائية موجودة.

العينات:

يتم تحضر العينات بفصل جزيئات الخلطة ، ولكن بدون تكسير لحبيبات الحصى بحيث لا يزيد مقاس حبيبات الحصى الناعمة عن ٦,٤ملم . وإذا كانت الخلطة ليست لينة يمكن فصل جزيئاتها يدوياً فإنها توضع في فرن حتى يمكن فصلها بسهولة ، ويكون وزنها حسب المقاس الاسمي الأكبر للركام كما يوضح الجدول رقم (١٧-٤).

جدول رقم (١٧-٤)

أقل وزن للعينة (كجم)	المقاس الاسمي الأكبر للركام	
	(ملم)	(بوصة)
2.5	25	1
2.00	19	4/3
1.5	12.5	2/1
1.00	9.5	3
0.500	4.75	رقم ٤

طريقة إجراء الاختبار:

١- تفصل حبيبات العينة مع مراعاة عدم تحطيم الحبيبات الحصوية بحيث لا تزيد حبيبات الجزء الناعم من الركام عن ١/٤ بوصة (٦,٤مم) . وما لم تكن الخلطة طرية بالقدر الذي يسمح بالفصل اليدوي للحبيبات فتوضع في كفة مسطحة كبيرة وتسخن داخل الفرن حتى القدر الذي يمكن عنده فصل العينة فقط.

٢- تبرد العينة إلى درجة حرارة الغرفة وتوضع في القارورة أو الإناء ثم توزن وتسمى الكتلة الخالصة للعينة (أ) ، يضاف ماء كافٍ عند درجة حرارة ٢٥٥م (٧٧٥ف) تقريباً لتغطية العينة.

٣- يزال الهواء المحبوس بتعويض المكونات لتفريغ جزئي (ضغط الهواء أقل من 30 مم زئبق) لمدة ١٥ ± ٢ دقيقة ، ويرج الوعاء والمكونات إما باستمرار هزه بواسطة هزاز ميكانيكي أو يدوياً بهزها هزاً شديداً على فترات تبلغ حوالي دقيقتين.

يمكن تحرير الهواء المحبوس بإضافة عامل ترطيب مناسب مثل الأيروسول (OT) بنسبة تركيز ٠,٠١ ٪ أو ١ ملليلتر من ١٠٪ محلول في ١٠٠٠ ملليلتر من الماء.

٤- التحديد بالإناء : يغلق الإناء والمكونات في الماء عند ٢٥ ± ٥١م (51.8٧٧ ± ف) وتوزن بعد غمرها لمدة ١٠ ± ١ دقائق ، وتسمى الكتلة الخالصة للعينة في الماء (جـ).

٥- التحديد بالقارورة : تملأ القارورة بالماء وترفع درجة حرارة المكونات حتى ٢٥ ± ٥٠,٥م (51 ± 77ف) في حمام مائي درجة حرارته ثابتة ، ويحدد بعدئذ وزن القارورة مملوءة بالمحتويات بعد ١٠ ± ١ دقيقة من الانتهاء من البند (٥-٣).

الحسابات:

يحسب الوزن النوعي للعينة كما يلي:

١. في حالة التحديد بالإناء:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{أ}}{(\text{أ}-\text{جـ})}$$

حيث:

أ = كتلة العينة الجافة في الهواء (جم). جـ = كتلة العينة في الماء (جم).

٢. في حـالـة التحديد بالقاروة:

$$\text{الوزن النوعي} = \frac{\text{أ}}{(\text{أ}+\text{د}-\text{هـ})}$$

حيث:

أ = كتلـة العينـة الجـافة في الهـواء (جم).

د = كتلة القارورة الممتلئـة بالماء عند ٢٥°م (٧٧°ف) (جم).

هـ = كتلة القارورة الممتلئـة بالماء والعينة عند درجـة ٢٥°م (٧٧°ف) (جم).

التجربة (٥)

تصميم الخلطات الأزفلتية باستخدام جهاز مارشال

المواصفات الفنية:

-AASHTO T 245-78

الغرض من الاختبار:

تحدد هذه الطريقة تصميم الخلطات الأزفلتية في المختبر باستخدام طريقة مارشال . والهدف الرئيسي لتصميم الخلطة هو إيجاد خليط اقتصادي من المواد ذو تدرج ، ونسبة أزفلت تعطي الخليط الخواص الآتية:

١. نسبة الأزفلت كافية لضمان الديمومة والمرونة في الخلطة.
٢. قوة كافية لمقاومة الانسياب توفي بمتطلبات المرور بدون حدوث أي تشوهات.
٣. فراغات هوائية كافية في الخليط الكلي المدموك تسمح باستيعاب الأزفلت وإبقاء جزء من الفراغات مملوءة بالهواء حتى إذا دمكت الخلطة تحت تأثير السير تحرك الأزفلت إلى الفراغات الهوائية الباقية ، وإذا لم تتوفر الفراغات ينزف الأزفلت ويصعد للسطح , أما إذا كانت الفراغات الهوائية كثيرة فتصبح الخلطة مسامية ويدخلها الهواء والماء ويتسببان في تخريبها.
٤. القابلية لسهولة التعامل معه.

الأجهزة المستخدمة:

١. قوالب أسطوانية قطرها ١٠١,٦ملم وارتفاعها ٧٦,٢ملم مع قاعدة متحركة وحلقة إضافية لها نفس قطر القالب ، وتوضع فوق القالب لزيادة ارتفاعها وليستوعب الخلطة قبل الدمك.
٢. جهاز لإخراج العينة من القالب وهو على شكل قرص قطره ١٠٠ملم وسمكه ١٣ملم.
٣. مطرقة مؤلفة من قرص معدني دائري منبسط مثبت في وسطه عمود حديدي وتنزلق على العمود حلقة وزنها ٤٥٣٦جم تسقط من ارتفاع ٤٥٧,٢ملم.
٤. قاعدة دمك خشبية أبعادها ٢٠٣,٢ × ٢٠٣,٢ ×٤٥٧,٢ ملم مغطاة بلوحة معدنية بأبعاد ٣٠٤,٨ × ٣٠٤,٨× ٢٥,٤ ملم ، وتكون القاعدة من خشب زان ، ومثبتة على أرضية خرسانية بزوايا حديدية ، ويكون الغطاء المعدني ثابتاً على القاعدة الخشبية ، ويجب أن تكون مستوية وقطعة الخشب رأسية على الشاقول.
٥. أداة لمسك القالب والحلقة والقاعدة وتثبيتهما أثناء الدمك.
٦. رأس الكسر (Breaking Head) مؤلفة من قطعتين معدنيتين عليا وسفلى للعينة ، وكل واحدة على شكل نصف أسطوانة نصف قطرها ٥٠,٨ملم ، ترتكز القطعة السفلية على قاعدة مستوية ويبرز منها عند رؤوس الشكل الأسطواني قضيبان حديديان رأسيان . وعند وضع القطعة العليا من رأس الكسر فوق السفلى يدخل القضيبان العموديان في الحلقتين الموجودتين في القطعة العليا.
٧. رافعة تحميل: مثبتة على إطار معدني ومتحرك إلى أعلى حركة منتظمة تبلغ عند التشغيل ٥٠,٨ملم / الدقيقة.
٨. حلقة قياس قوة الضغط (Proving Ring) بقدرة ٢٢٧٦كجم مثبت في وسطها مؤشر قياس يعطي أرقام تحول فيما بعد إلى قوة حسب نوع الحلقة حيث يجب عمل معايرة لها لتحديد دقتها.
٩. جهاز لقياس الانسياب أو الحركة الرأسية أثناء الضغط موصول بعداد ينزلق في داخل أحد القضبان الرأسية المثبتة في رأس الكسر ، وعادة يصفّر هذا العداد عندما تكون العينة الأزفلتية بين فكي رأس الكسر، ويجب أن تكون دقة هذا العداد هي0.25 ملم (٠,٠١ بوصة) لكل تقسيم من تقاسيم العداد.
١٠. أفران أو لوحات ساخنة من أجل تسخين الركام والأزفلت والقوالب والمطرقة وأية أدوات تستعمل في الخلط، ويجب أن يتم التحكم بوسائل التسخين حتى تبقى درجة الحرارة حسب المطلوب.
١١. خلاطة ميكانيكية قادرة على خلط المواد بشكل منتظم وبشكل تصبح معه كل حبات المواد مغلفة بالبيتومين.

١٢. حمام مائي عمقه ١٥٠ملم وبه جهاز للتحكم في درجة الحرارة لإبقائها عند 1 ±60 مْ ، ويزود الحمام برف به ثقوب يرتفع عن قاعدة الحمام مقدار ٥٠,٨ملم.

١٣. حمام هوائي من أجل استعماله لمخلوط الأزفلت المحلول , Asphalt Cut Backويعطي حرارة مقدارها ٢٥±١مْ.

١٤. أدوات متفرقة مثل أوعية لتسخين الركام وأوعية لتسخين الأزفلت ، ومقلاة ، ودورق ، وعلب، وأدوات خلط مثل المسطرين والسكين ، وموازين حرارة لتحديد حرارة الركام والأزفلت ، والخلطة تتراوح قدراتها من ٩,٩– ٢٠٤مْ وموازين عادية وأخرى دقيقة ، وقفازات وطباشير وملعقة ومغرفة.

تحضير العينات:

١. تحضر (٣) عينات لكل نسبة من نسب الأزفلت (تمثل محاولة واحدة).

٢. يجفف الركام في درجة حرارة (١٠٥ – ١١٠مْ) حتى ثبات الوزن ، ثم يفصل الركام بعد تبريده على المناخل ٢٥، ١٩ ، ٩,٥ ، ٤,٧٥ ، ٢,٣٦ ، ١,١٨ ملم.

٣. تحدد درجة الحرارة اللازمة لتسخين الأزفلت للخلط بأنها التي تجعل لزوجة الأزفلت ١٧٠±٢٠ سنتي ستوك (CST)أما الحرارة اللازمة للدمك فهي التي تكون فيها اللزوجة مقدارها ٢٨٠±٣٠ سنتي ستوك (CST).

٤. يتم اختيار الوزن من كل مقاس من المقاسات المفصولة حسب نسبة هذا المقاس من الوزن الكلي و بحيث يكون الوزن الكلي للركام للعينة الواحدة مايقارب ١٢٠٠جم بحيث يعطي هذا الوزن بعد خلطه بالأزفلت ودمكه عينة ارتفاعها ٦٣,٥± ١,٢٧ملم وقطرها101.6 ملم . وتحضر ٣ عينات من هذا الوزن لكل نسبة أزفلت ، فإذا كان هناك أربع نسب من الأزفلت فإنه يتم تحضير ١٢ عينة.

٥. تسخن عينات الركام في الفرن لدرجة حرارة لا تزيد عما حدد في الفقرة ٣-٣ بأكثر من ٥٢٨م ، و ٥٢٥م للأزفلت الأسمنتي والمحلول على التوالي.

٦. يوضع الركام الساخن في الخلاطة ويخلط جيداً ، ثم تحفر حفرة في الركام ويضاف الأزفلت الساخن بالكمية المحددة، وتخلط المكونات حتى تصبح جميع الحبيبات مغلفة بالأزفلت.

٧. توضع الخلطة الحاوية للأزفلت المحلول في فرن درجة حرارته ١١,١مْ أعلى من حرارة الدمك المحددة في الفقرة ٣-٣ بمدة كافية لتفقد العينة حوالي ٥٠٪ من المواد المتطايرة ، ويمكن التحريك لتسهيل التبخر ، ويحسب وزن العينات على فترات كل ١٥ دقيقة ثم كل ١٠ دقائق حتى يصبح الفقدان للمواد المتطايرة ٥٠ ٪.

دمك العينات:

ينظف القالب ومطرقة الدمك ثم يسخنان إما في ماء مغلي أو لوحة معدنية ساخنة في درجة حرارة ٩٣,٣ – ١٤٨,٩مْ ، وتوضع العينة في القالب وتدمك بالسكين ١٥ مرة حول محيط القالب و ١٠ مرات في القالب داخل الحلقة، وترفع الحلقة ويجعل سطح العينة على شكل كروي ، ثم تعاد الحلقة ويوضع القالب على القاعدة الخشبية وتدمك العينة ٧٥ أو ٥٠ ضربة (حسب نوع المرور لطبقة الرصف) من المطرقة التي تسقط من ارتفاع457.2 ملم على أن يكون محور المطرقة عمودياً قدر الإمكان على مستوى القاعدة ، ثم يقلب القالب والعينة ويعاد الدمك بنفس عدد الضربات . إذا كانت عينات الخلطة الأزفلتية ممثلة لعينة مأخوذة من الموقع تكون درجة حرارة الخلطة عند الدمك ٥١٣٥ م . ويرفع القالب ويوضع فوق الحلقة ويطرق طرقاً خفيفاً جداً يكفي لإخراج العينة في الحلقة ، ثم ترفع الحلقة من العينة وتوضع العينة على أرضية صلبة مستوية لمدة ليلة ثم توزن وتقاس أبعادها.

طريقة الفحص:

١. تغمر العينات التي تم دمكها وبردت وتم اختبار كثافتها في حمام مائي لمدة ٣٠ –٤٠دقيقة عند درجة حرارة ٦٠ ± ١ مْ وعند درجة حرارة ٣٧,٨ ± ٥١م للأزفلت المحلول.
٢. ينظف رأس الكسر والقضبان ويشحن القضيبان على القضبان حتى تنزلق في الجزء العلوي بسهولة وتكون درجة حرارة رأس الكسر ٢١,١ – ٣٧,٨ وذلك بغمره في حمام مائي.
٣. تخرج العينة من الحمام 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.
٤. يشغل المحرك (آلياً أو يدوياً) بسرعة ثابتة مقدارها ٥٠,٨ملم لكل دقيقة حتى يصل المؤشر (قراءة العداد الخاص Proving Ring) إلى أقصى قراءة ويبدأ بالرجوع . اقرأ مقياس الضغط وحول القراءات إلى وحدات الضغط وسجل قراءة الانسياب حالما 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 ٠,٠١ملم أو ٠,٢٥٤.
٥. إذا تم الفحص على عينات يختلف ارتفاعها عن٦٣,٥ملم تضرب القراءة في معامل التصحيح كما هو مذكورة في الجدول رقم (١٨-٤).

جدول رقم (١٨-٤)

حجم العينة (سم٣)	سمك (ارتفاع) العينـة (مم)	معامل التصحيح
213 – 200	25.4	5.56
225 – 214	27.0	5.00
237 – 226	28.6	4.55
250 – 238	30.2	4.17
264 – 251	31.8	3.85
276 – 265	33.3	3.57
289 – 277	34.9	3.33
301 – 290	36.5	3.03
316 – 302	38.1	2.78
328 – 317	39.7	2.50
340 – 329	41.3	2.27
353 – 341	42.9	2.08
367 – 354	44.4	1.92
379 – 368	46.0	1.79
392 – 380	47.6	1.67
405 – 393	49.2	1.56
420 – 406	50.8	1.47
431 – 421	52.4	1.39
443 – 432	54.0	1.32
456 – 444	55.6	1.25

470 – 457	57.2	1.19
482 – 471	58.7	1.14
495 – 483	60.3	1.09
508 – 496	61.9	1.04
522 – 509	63.5	1.00
535 – 523	6 4.0	0.96
546 – 536	65.1	0.93
559 – 547	66.7	0.89
573 – 560	68.3	0.86
585 – 574	71.4	0.83
598 – 586	73.0	0.81
610 – 599	74.6	0.78
625 – 611	76.2	0.76

الحسابات:

١. يتم حساب كثافة العينات باستخدام الطريقة القياسية لعينات خلطة أزفلتية مدموكة كما تم ذكره سابقاً في المواصفة (ASTM D 2725 - AASHTO T- 166) ويتم حساب معدل الكثافة لكل ثلاث عينات على نسبة الأزفلت الواحدة ثم نرسم الشكل الذي يبين العلاقة بين نسبة الأزفلت (على محور السينات) والكثافة المقابلة لها (على محور الصادرات).

٢. يتم إجراء الحسابات الخاصة بالفراغات في الركام والفراغات الهوائية، ويتم عمل أشكال تبين العلاقة بين نسبة الأزفلت (محور السينات) والفراغات الهوائية) ٪ (والفراغات في الركام المملوءة (بالأزفلت) ٪.

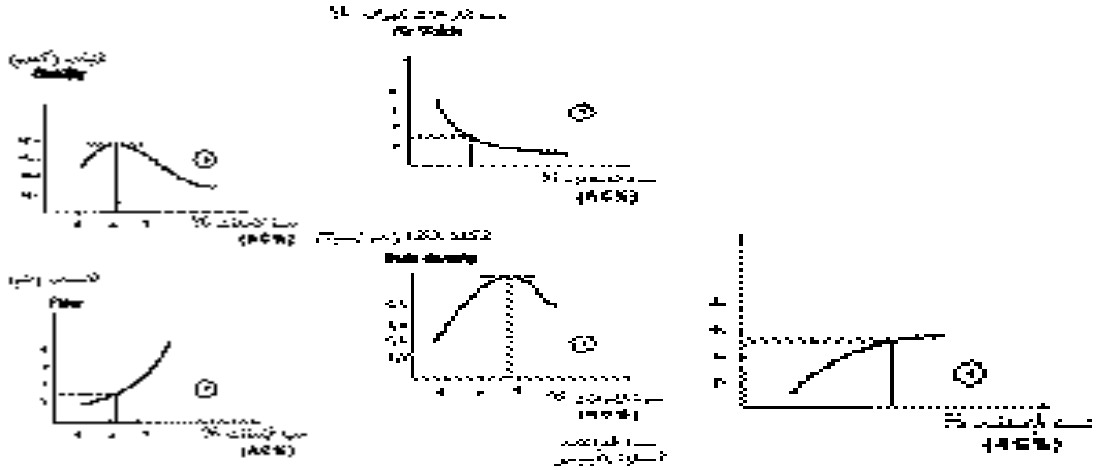
٣. ترسم العلاقة بين نسبة الأزفلت ومعدل القوة (ثبات مارشال) (ثلاث عينات) ، ويرسم شكلاً يبين العلاقة بين نسبة الأزفلت ومعدل الانسياب (ثلاثة عينات).

٤. يتم تحديد نسبة الأزفلت التي تحقق أعلى كثافة وأعلى ثبات (قوة وفراغات هوائية عند منتصف المواصفات). أي إذا كانت المواصفات للفراغات الهوائية ٣-٥% تكون النقطة التي يتم تحديد نسبة الأزفلت عندها لشكل الفراغات الهوائية هي ٤ ٪.

ثم يوجد معدل هذه القراءات الثلاثة لنسب الأزفلت ويدقق إذا كانت هذه النسبة معدلها تحقق شروط الانسياب المطلوبة والفراغات المعدنية المطلوبة. وإذا لم تحقق الشروط فيعدل في اختيار هذه النسبة بالزيادة أو النقصان حتى الوصول إلى النسبة التي تحقق الشروط المطلوبة .

التقرير:

يتضمن التقرير نوع العينة والقوى المصححة والانسياب كمعدل لثلاث عينات لكل نسبة أزفلت ، ويتم رسم العلاقات البيانية, ويتضمن التقرير درجة حرارة الاختبار (مختبر أو من الموقع).



منحنيات تحديد نسبة الأزفلت المثلى

الفصل الخامس

٥-١ الخلاصة:

من خلال هذه البحث توصلنا إلي أن التجارب الإنشائية يستدعي الدراسة الوافية قبل الولوج في تنفيذ المشروع تلافياً للمشاكل التي تنجم من إقامة منشأة غير معروفة الخصائص.

وقد وجد أن أهم العمليات الذي يجب الاهتمام بها في البداية تعيين الخواص الهندسية للمواد قبل تطبيقها في الأعمال الإنشائية، ففي الخرسانة تحدد قوام الخرسانة للحصول علي خرسانة ذات درجة سيولة أو لدونه تتناسب مع مختلف الأعمال الإنشائية. كما أن تحديد الانسياب تؤكد دراسة الاهتزازات الداخلية في الشدادات(الخشبية والمعدنية) علي الخرسانة الطازجة وتعيين مدي انتشارها داخل الشدادات.

وقد أثمرت معلومات اختبارات المواد بأسلوب علمي وعملي للحصول علي النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم علي جودة المواد والأعمال المنفذة، ولكن المواصفات القياسية لبعض التجارب لا تنص علي إجرائها كاختبارات قبول أو رفض مثل (الأسمنت فيتم تعيين كثافتها للاستفادة منها في تصميم الخلطات الخراسانية أو أي مقارنات بين أنواع الاسمنت المختلفة).

٢-٤ التوصيات:

١. نوصي بإجراء التجارب معملياً.

٢. نوصي بإجراء اختبارات التربة وفقاً لأنظمة أخري ومقارنتها مع نظام أشتوا.

٣. نوصي بتوفير الأجهزة والمعدات الخاصة ببعض التجارب الهامة.

٤. تحسين بيئة المعمل وتدعيمها بكتيبات معملية ومعلومات كافية عن التجارب.

٥. نوصي بان أي أشكال أو رسومات أو ملاحظات لم يتم ذكرها يجب التطرق اليه.

المراجع References:

١. فحوصات التربة للإغراض الإنشائية ـــــ د.سامي أحمد حجاوي ـ نابلس في 15كانون الثاني2003.

٢. خواص واختبارات التربة - المملكة العربية السعودية - 204 مدن
المؤسسة العامة للتعليم
الفني والتطوير المهني
الإدارة العامة لتصميم
وتطوير المناهج.

٣. ميكانيكا التربة - أ- د/ السيد عبد الفتاح القصبي

٤. الخرسانة - أ- د/ محمود أحمد السيد إمام - 2002 / 2804

٥. خواص المواد واختباراتها - أ- د/ محمود إمام – د/ محمد أمين

٦. الإنشاءات المدنية - المملكة العربية السعودية - نسخة أولية ١٤٢٥هـ
(تقنية المواد المدنية عملي) المؤسسة العامة للتعليم
الفني والتطوير المهني
الإدارة العامة لتصميم
وتطوير المناهج.

٧. خواص واختبارات المواد - المملكة العربية السعودية - 204 مدن
(نظري وعملي) المؤسسة العامة للتعليم (طبعة ١٤٢٩هـ)
الفني والتطوير المهني
الإدارة العامة لتصميم
وتطوير المناهج.

٨. اختبارات الركام - د/ زيد هادي عبيد

٩. المواد الإسفلتية وطرق ضبط جودتها - أ- د/ خليل أحمد أبو أحمد

١٠. تقنيات الطرق - المملكة العربية السعودية - 208 مدن
المؤسسة العامة للتعليم
الفني والتطوير المهني
الإدارة العامة لتصميم
وتطوير المناهج.

١١. دليل المختبر لمشاريع الطرق.

الملاحق:

أ- بعض الإشكال والصور للتجارب.....

ب- قياسات وأرقام المناخل المستعملة في فحوصات التربة حسب المواصفات العالمية المختلفة.....

ت- بعض الاختصارات الشائعة.....

ث- وحدات القياس الدولية (SI) المستعملة في ميكانيكا التربة.....

ملحق رقم (أ) بعض الأشكال والأجهزة للتجارب

فرن تجفيف كهربائي

ميزان حساس

علب نظيفة وجافة

أدوات الخلط

مجموعة غرابيل

صندوق تقسيم العينات

هزاز دمك ميكانيكي

هزاز مونة

خلاط مونة

ملحق رقم (ب) قياسات وأرقام المناخل المستعملة في فحوصات التربة حسب المواصفات العالمية المختلفة

المواصفات الامريكية (ASTM) (AASHTO)		المواصفات البريطانية (BS)		المواصفات الألمانية (DIN)		المواصفات الفرنسية (AFNOR)	
رقم المنخل	قياس الفتحات (ملم)	رقم المنخل	قياس الفتحات (ملم)	رقم المنخل	قياس الفتحات (ملم)	رقم المنخل	قياس الفتحات (ملم)
٤ إنش	١٠٠						
٣ إنش	٧٥						
٢,٥إنش	٦٣						
٢ إنش	٥٠						
١,٥إنش	٣٧,٥						
١ إنش	٢٥				٢٥		
٣/٤إنش	١٩						
١/٢إنش	١٢,٥				١٢,٥		
٣/٨إنش	٩,٥						
# ٤	٤,٧٥						
# ٨	٢,٣٦						
# ١٠	٢	٨	٢,٠٧٥	-	٢	٣٤	٢
# ١٦	١,١٨	-	-	-	-	-	-
# ٢٠	٠,٨٥	١٨	٠,٨٥٣	-	-	٣١	١
# ٣٠	٠,٦٠٠	٣٠	٠,٥٠٠	٥٠٠	٠,٥٠٠	٢٨	٠,٥٠٠
# ٤٠	٠,٤٢٥	٣٦	٠,٤٢٢	-	-	-	-
# ٥٠	٠,٣٠٠	٥٢	٠,٢٩٥	٣١٥	٠,٣١٥	٢٦	٠,٣١٥
# ١٠٠	٠,١٥٠	١٠٠	٠,١٥٠	١٢٥	٠,١٢٥	٢٢	٠,١٢٥
# ٢٠٠	٠,٠٧٥	٢٠٠	٠,٠٧٦	٨٠	٠,٠٨٠	٢٠	٠,٠٨٠

ملحق رقم (ت) بعض الاختصارات الشائعة

AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials (الجمعية الامريكية للطرق)
ASCE	American Society of Civil Engineers (الجمعية الامريكية للمهندسين المدنيين)
ASTM	American Society for Testing and Materials (الجمعية الامريكية للفحوصات والمواد)
BPR	Bureau of Public Roads (مكتب الطرقات العامة – الولايات المتحدة الامريكية)
BS	British Standards (المواصفات البريطانية)
BSI	British Standards Institution (معهد المواصفات البريطانية)
CBR	California Bearing Ratio (نسبة تحمل كاليفورنيا)
FD	Field Density (الكثافة الحقلية)
HRB	Highway Research Board (مجلس أبحاث الطرق – الولايات المتحدة)
ICE	Institution of Civil Engineers (معهد المهندسين المدنيين – بريطانيا)
ISSMGE	International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (الجمعية الدولية لميكانيكا التربة والهندسة الجيو تقنية)

LL	Liquid Limit (حد السيولة)
MDD	Maximum Dry Density (الكثافة الجافة القصوى)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (معهد ماساشوستس للتكنولوجيا – الولايات المتحدة)
NP	Non-Plastic (غير لدن)
OMC	Optimum Moisture Content (محتوى الرطوبة المثالي)
PI	Plasticity Index (دليل اللدونة)
PL	Plastic Limit (حد اللدونة)
USCS	Unified Soil Classification System (النظام الموحد لتصنيف التربة)

ملحق رقم (ث) وحدات القياس الدولية (SI) المستعملة في ميكانيكا التربة

الكمية	الوحدة	الرمز	الاستعمال	التحويل
الطول	ملمتر	mm	أبعاد العينات، قياس الحبيبات	$1\mu m=10^{-6}m=10^{-3}mm$
	مايكرومتر	μm	فتحات المناخل،قياس الحبيبات	
الوزن	غرام	g	الأوزان	1kg=1000g $1Mg=1t=1000kg=10^{6}g$
	كيلو غرام	kg	وزن العينات الكبيرة	
	ميغا غرام=طن	Mg=t	الأوزان	
الكثافة	ميغا غرام/متر مكعب = طن/متر مكعب	Mg/m^3 = t/m^3	الكثافة الرطبة والجافة	$1Mg/m^3=1t/m^3=1g/cm^3$
القوة	نيوتن	N	القوى المؤثرة	1kgf=9.807N 1N=101.97 gf 1KN=1000N=0.1 tf
	كيلو نيوتن	KN		
الضغط والإجهاد	نيوتن/متر مربع=باسكال	N/m^2 = Pa	الاجهادات، قوى القص والانضغاط	$1g/cm^2=98.07N/m^2=98.07Pa$ $1kg/cm^2=98.07KN/m^2$ 1bar=100 KN/ m^2
	كيلو نيوتن/متر مربع= كيلو باسكال	KN/m^2 =KPa		
معامل الانضغاط الحجمي m_v	متر مربع/ميغا نيوتن	m^2/MN	حسابات الهبوط	$1cm^2/kg=10.20$ m^2/MN
معامل التضاغط c_v	متر مربع/السنة	$m^2/year$	حساب سرعة الهبوط	$1cm/s=3156\ m^2/year$
معامل النفاذية K	متر/الثانية	m/s	نفاذية التربة	1 cm/s=0.01 m/s