

تقنيات الطرق

الاختبارات العملية

الوحدة الثانية عشر: الاختبارات العملية

الجدارة:

يدرس المتدرب في هذه الوحدة الاختبارات العملية التي تجرى على مواد إنشاء الطرق المختلفة حيث يتدرب المتدرب على كيفية تشغيل الأجهزة المستخدمة لذلك ويتعلم طرق الاختبارات حسب المواصفات القياسية.

الأهداف:

عند الانتهاء من هذه الوحدة يكون المتدرب قادراً على:

- إجراء اختبارات تقييم المواد الإسفلتية.
- إجراء اختبارات تقييم الركام.
- إجراء اختبارات تقييم الخلطة الإسفلتية.
- إجراء اختبارات حقلية على مواد الرصف.
- معرفة المواصفات القياسية لمواد إنشاء الطرق.
- التأكد من جودة المواد المستخدمة في إنشاء الطرق.

مستوى الأداء المطلوب: إتقان المتدرب لهذه الوحدة بنسبة لا تقل عن ٩٥ %.

الوقت المتوقع لإنهاء هذه الوحدة: ٣٠ ساعة.

متطلبات الجدارة:

- معرفة ما سبق دراسته في الوحدات السابقة.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة الاختراق أو الغرز للبيتومين

Penetration Test of Bitumen

الغرض من التجربة:

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

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز الغرز الموضح في الشكل (١٢ - ١).

٢. إبرة.

٣. وعاء.

٤. حمام مائي.

٥. مقاييس لدرجة الحرارة.

٦. أداة توقيت.



شكل (١٢ - ١): جهاز الغرز.

خطوات التجربة:

١. يتم تسخين العينة مع الحرص على عدم تعرضها لتسخين موضعي عالٍ حتى تصبح سائلة.
٢. تصب العينة في الوعاء بحيث يكون عمقها بعد تبريدها إلى درجة حرارة الاختبار يزيد بـ ١٠ مم على الأقل عن العمق المتوقع لاختراق الإبرة.
٣. تتم تغطية العينة لحمايتها من الغبار ثم تترك للتبريد عند درجة حرارة الغرفة لمدة لا تقل عن ساعة ونصف.
٤. بعد ذلك يرفع الغطاء على العينة وتوضع لمدة ساعتين في حمام مائي درجة حرارته ٢٥ درجة مئوية.
٥. بعد مضي المدة يتم إخراج العينة ووضعها فوق قاعدة جهاز الغرز ليتم اختبارها.
٦. يوضع وزن مقداره ٥٠ جرام فوق الإبرة ليصبح الحمل الكلي للإبرة وملحقاتها ١٠٠ جرام.
٧. تضبط الإبرة المحملة بالثقل المعين ليتم تلامسها مع سطح العينة.
٨. يسمح للإبرة بالهبوط تحت تأثير وزنها مع القضيب لتخترق العينة لمدة ٥ ثوانٍ وتؤخذ القراءة من على المؤشر.
٩. يجب تسجيل ما لا يقل عن ثلاث قراءات للغرز عند نقاط مختلفة على سطح العينة بحيث لا يقل بعدها عن جدار الوعاء عن ١٠ مم ولا يقل البعد بينهما عن ١٠ مم ويحسب المتوسط ليعبر عن درجة الغرز.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة الاشتعال أو الاحتراق

Flash Point Test of Bitumen

الغرض من التجربة:

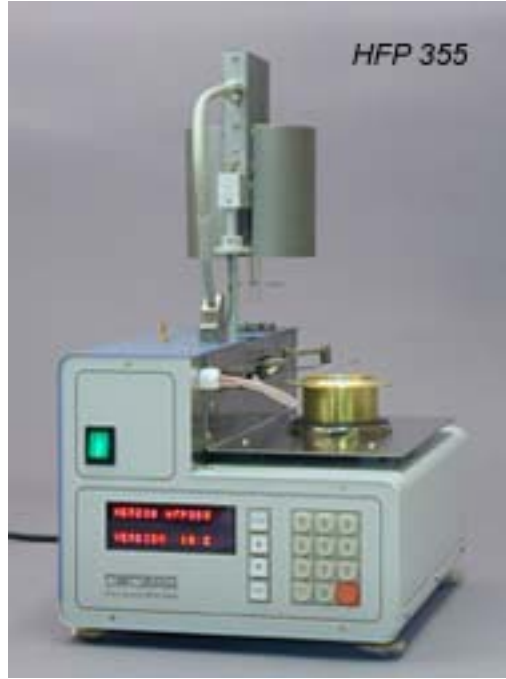
إن المواد البيتومينية قابلة للاشتعال كما أن الأبخرة الخفيفة عند خلطها بالهواء تصبح قابلة للانفجار. فإذا كانت درجة الحرارة المستخدمة عند تشغيل الإسفلت عالية، فيجب اتخاذ الإجراءات الوقائية اللازمة لمنع حدوث الحرائق. وتجرى تجربة الاشتعال لمعرفة درجة الحرارة التي تشتعل عندها الغازات المتصاعدة من المواد البيتومينية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

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز كليفلاند الموضح في الشكل (١٢ - ٢).

٢. لهب الاختبار.

٣. مقاييس لدرجة الحرارة.



شكل (١٢ - ٢): جهاز كليفلاند.

خطوات التجربة:

١. يسخن البيتومين لدرجة السيولة ثم يسكب في طبق الاختبار إلى المنسوب المحدد.
٢. توضع العينة في الجهاز فوق مصدر الحرارة ويوضع عليها مقياس درجة الحرارة.
٣. يتم تشغيل الجهاز فتزداد درجة حرارة العينة إلى أن تصل إلى ١٦٠ درجة مئوية وعندها يتم تمرير شعلة اللهب على سطح العينة لمدة ثانية.
٤. تكرر عملية إمرار الشعلة كل ٢,٨ درجة مئوية وتسجل أدنى درجة حرارة يحدث عندها التبخر فوق سطح السائل والذي يبدأ بعده الوميض عند تعرض البخار للهب.
٥. لتحديد نقطة الاشتعال يستمر الاختبار حتى تسبب عملية تعريض اللهب احتراق الزيت ويستمر الاحتراق لمدة ٥ ثوان على الأقل.
٦. تسجل درجة حرارة نقطة الوميض التي يحدث عندها هذا الاستمرار في الاشتعال وتسمى درجة اشتعال البيتومين.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة تحديد نقطة الطراوة للبيتومين

Softening Point Test of Bitumen

الغرض من التجربة:

الغرض من هذه التجربة هو تعيين نقطة الطراوة للإسفلت في مدى يتراوح من ٣٠ إلى ١٧٥ درجة مئوية باستخدام جهاز الحلقة والكرة في حمام ساخن به محلول الإيثيلين جليكول (Ethylene glycol). فكلما ارتفعت درجة الحرارة ينتقل البيتومين تدريجياً من حالة الصلابة ويصبح أكثر طراوة وأقل لزوجة. وكلما كانت نقطة الطراوة أعلى قلت حساسية البيتومين للحرارة ولذلك تفيد هذه التجربة في مقارنة أنواع الإسفلت المختلفة، وهذا يساعد على تصنيف أنواع البيتومين وتعطينا فكرة عن ميل البيتومين للانسياب عند درجات الحرارة المرتفعة عندما يوضع على الطرق. فالمواد ذات درجة اللينة المنخفضة هي المفضلة لأنها لا تحتاج إلى درجة حرارة عالية عند تسخينها قبل الاستعمال، بينما المواد ذات درجة اللينة الكبيرة مع انخفاض درجة غرزها تكون هشة وغير صالحة للاستعمال في رصف الطرق. وتستعمل المواد ذات درجة اللينة العالية في الأماكن الحارة، وتستعمل المواد التي درجة ليونتها أقل في الأماكن الأقل حرارة.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز قياس نقطة الطراوة المبين في الشكل (١٢ - ٣).

٢. حلقات من النحاس.

٣. كرة من الصلب بقطر ٩,٥ مم.

٤. دليل مصنوع من النحاس لتحديد المركز للكرة.

٥. حامل الحلقة.

٦. سخان ومقياس درجة الحرارة.

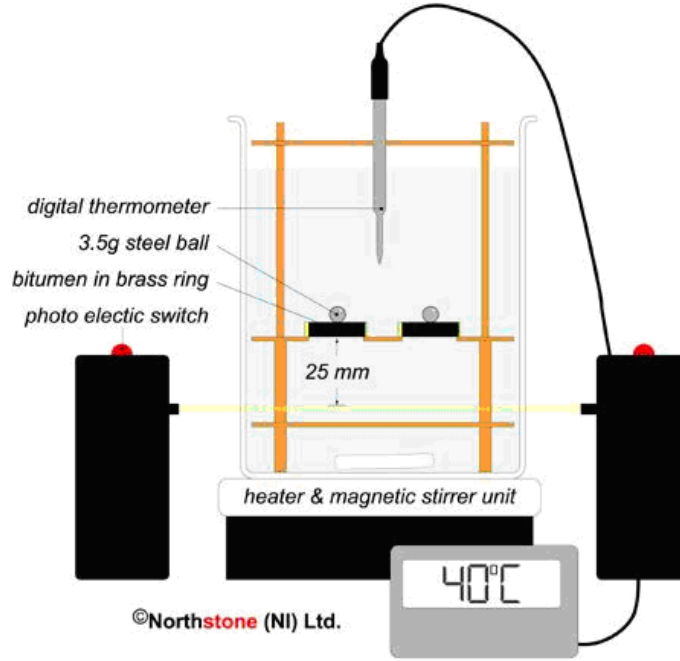


شكل (١٢ - ٣): جهاز قياس نقطة الطراوة.

خطوات التجربة:

١. توضع الحلقات الحاوية للعينات فوق القطعة المخصصة لحملها ، ويوضع فوقها الحلقات (القطع) التي تبقى الكرة فوق الإسفلت في المركز وتغمر المجموعة في حمام من سائل الإيثيلين جليكول (Ethylene glycol) وبعمق يتراوح بين ١٠٠ - ١٠٨ مم 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. توضع الكرات فوق عينات الإسفلت ضمن الحلقات التي تبقى الكرات في مركز العينة كما هو مبين في الشكل (١٢ - ٤).
٣. ابدأ التسخين بحيث ترتفع درجة الحرارة تدريجياً بمعدل ٥ درجات مئوية كل دقيقة.
٤. يستمر التسخين للكرات والعينة حتى تبدأ العينة بالانسياب والهبوط من أسفل الكرة المعدنية، وعندما تلامس العينة اللوحة السفلية تسجل درجة الحرارة.

RING & BALL SOFTENING POINT



شكل (١٢ - ٤): اختبار قياس نقطة الطراوة.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة المرونة أو المطولية للبيتومين

Ductility Test of Bitumen

الغرض من التجربة:

تعرف درجة المرونة بقياس المسافة التي تستطيل إليها المادة البيتومينية أثناء شدها بقوة معينة وبسرعة معينة بجهاز المرونة. وتتراوح مرونة البيتومين بين ٥ و ١٠٠ للأنواع المختلفة ويفضل ألا تقل قيمة المرونة عن ٥٠ للحصول على رصف جيد لأن زيادة المرونة تمنع المادة من التشقق في الأجواء الباردة.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز المرونة الموضح في الشكل (١٢ - ٥).

٢. حمام مائي.

٣. مقياس درجة الحرارة.

خطوات التجربة:

١. يتم تسخين العينة بواسطة الحمام المائي إلى درجة الحرارة ٢٧ درجة مئوية.

٢. تصب العينة داخل جهاز المرونة.

٣. يتم سحب العينة بمعدل ٥٠ مم في الدقيقة.

٤. يتم تسجيل المسافة التي تستطيل إليها العينة قبل انفصالها على ألا تماس الجهاز.



شكل (١٢ - ٥): جهاز المرونة.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة اللزوجة الحركية للإسفلت

Kinematics Viscosity Test of Asphalts

الغرض من التجربة:

تجرى هذه التجربة لتحديد درجة اللزوجة الحركية للمواد البيتومينية المستعملة مثل زيوت الطرق والجزء المتبقي من تقطير الإسفلت السائل عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية والإسفلت شبه الصلب عند درجة حرارة ١٣٥ درجة مئوية. وتكمن أهمية هذه التجربة في أنها تبين مدى سرعة صب المواد البيتومينية المستعملة من الأواني الحاوية لها ومدى سرعة تخللها بين الركام وملؤها للفراغات. وفي هذا الاختبار 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 وتقاس بوحدة السنتي ستوك (CST) وتتراوح بين ٦ إلى ١٠٠,٠٠٠ سنتي ستوك.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز قياس اللزوجة الموضح في الشكل (١٢ - ٦).
٢. أجهزة قياس درجة الحرارة.
٣. الحمام المائي لغمر مقياس اللزوجة.
٤. أجهزة التوقيت.



شكل (١٢ - ٦): جهاز قياس اللزوجة.

خطوات التجربة:

١. يتم صب العينة في مقياس اللزوجة.
٢. يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار.
٣. يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف بحيث يعطي زمن انسياب أكبر من ٦٠ ثانية ثم يسخن مسبقاً إلى درجة حرارة الاختبار.
٤. يملأ مقياس اللزوجة بالطريقة المبينة طبقاً لتصميم الجهاز.
٥. يترك مقياس اللزوجة الممتلئ في الحمام مدة كافية حتى يصل إلى درجة حرارة الاختبار.
٦. يبدأ انسياب المادة في مقياس اللزوجة.
٧. يقاس الزمن اللازم لمرور الحافة المتقدمة للسطح الهلالي للسائل من العلامة الأولى إلى العلامة الثانية بدقة ٠,١ ثانية، فإذا قل زمن الانسياب عن ٦٠ ثانية لابد من اختبار مقياس لزوجة آخر ذي قناة شعرية يقل قطرها عن الأولى ثم تكرر العملية.
٨. تحسب اللزوجة الحركية لأقرب ثلاث أرقام صحيحة باستخدام المعادلة التالية: اللزوجة الحركية (سنتي ستوك) = (زمن الانسياب) X (ثابت المعايرة لمقياس اللزوجة).
٩. بعد الانتهاء من الاختبار يتم تنظيف مقياس اللزوجة جيداً.

اختبارات تقييم الإسفلت

تجربة الذوبان

Solubility Test

الغرض من التجربة:

الغرض من هذه التجربة هو معرفة درجة نقاء المواد البيتومينية. ويتم ذلك بإذابة عينة من البيتومين ذات وزن معلوم في ثاني كبريتور الكربون (Carbon Disulphide). ومن نتائج هذه التجربة يمكن تحديد وزن البيتومين المذاب والذي يجب ألا يقل عن ٩٩٪.

تجربة التطاير

Volatility Test

الغرض من التجربة:

الغرض من هذه التجربة هو معرفة مقدار الفاقد من الزيوت وخلافه الموجود بالمواد البيتومينية عند تسخينها. ولمعرفة الفاقد بالتطاير عند التسخين أهمية كبرى من الوجهة العملية إذ إنه إذا فقد البيتومين عند تسخينه كمية كبيرة من مكوناته وجب استعمال نسبة أكبر منه عند الخلط وإذا فقد كثيراً من مواده المتطايرة وأثر ذلك على خواصه البيتومينية وجعله أكثر صلابة وجب إضافة مواد أخرى إليه بدل المواد المتطايرة حتى يصبح صالحاً للاستعمال. ويسمح عادة بفاقد للمواد المتطايرة لا يزيد عن ١/٢ ٪.

طريقة السوبريف

Superpave Method

يأتي مصطلح سوبريف (Superpave) من اختصار عبارة superior performing asphalt pavement. ولقد ابتكرت هذه الطريقة من خلال برنامج بحثي أمريكي يطلق عليه اسم شارب يهدف إلى تصميم خلطات إسفلتية متطورة تأخذ في الحسبان التوقع الحقيقي لأداء الرصف في الطبيعة. وتعتمد طريقة السوبريف على مجموعة من الاختبارات أهمها:

اختبار إناء ضغط التأثر مع الزمن

Pressure Aging Vessel (PAV) Test

الغرض من الاختبار:

بعد الانتهاء من إنشاء الطرق الإسفلتية تكون معرضة للأكسدة بسبب تأثيرها لدرجات الحرارة المختلفة. والهدف من هذا الاختبار هو معرفة مدى تأثير التغيرات في درجات الحرارة على الطبقات الإسفلتية مع مرور الزمن.

الأدوات المستخدمة:

يستخدم في هذا الاختبار إناء ضغط التأثر مع الزمن الموضح في الشكل (١٢ - ٧) وهو جهاز مزود بالوظائف التالية:

١. غرفة الضغط.
٢. نظام مراقبة وسيطرة على درجات الحرارة.
٣. وحدة معالجة حاسوبية مبنية داخل الجهاز لتخزين بيانات الفحص والتحليل.
٤. برنامج مبني داخل الجهاز بالإضافة إلى شاشة لعرض البيانات.



شكل (١٢ - ٧): إناء ضغط التأثر مع الزمن.

خطوات الاختبار:

١. يتم تحضير العينات حسب المواصفات المحددة.
٢. توضع العينة داخل إناء الضغط.
٣. يتم تشغيل الجهاز وتحديد درجة الحرارة الخاصة بالاختبار.
٤. تحمل العينة بالتدرج لمدة ٢٠ ساعة إلى أن يصل الحمل إلى 2 MPa.
٥. يسجل الحمل ودرجة الحرارة خلال كل دقيقة لمدة الاختبار.

طريقة السوريف

اختبار مقياس اللزوجة الدوراني

Rotational Viscometer (RV) Test

الفرض من الاختبار:

يستخدم هذا الاختبار لتقويم القابلية للتشغيل للخلطات الإسفلتية الساخنة. وتقاس القابلية للتشغيل للتأكد من سيولة الإسفلت لدرجة كافية عند الضخ والخلط.

الأدوات المستخدمة:

يستخدم في هذا الاختبار جهاز اللزوجة الدوراني الموضح في الشكل (١٢ - ٨) وهو مزود بالوظائف التالية:

١. نظام مراقبة وسيطرة على درجة حرارة العينة الإسفلتية.
٢. وحدة معالجة حاسوبية مبنية داخل الجهاز لتخزين بيانات الفحص والتحليل.
٣. برنامج مبني داخل الجهاز بالإضافة إلى شاشة لعرض البيانات.



شكل (١٢ - ٨): جهاز اللزوجة الدوراني.

خطوات الاختبار:

هناك بعض المواصفات التي يجب توافرها في هذا الاختبار مثل:

١. أن يكون مدى قياس اللزوجة بين ٣ إلى ٦٠٠ ملي باسكال في الثانية.
٢. مدى السرعة بين (٠ - ٢٥٠ دورة في الدقيقة) وبزيادة مرحلية تساوي ١,٠.
٣. تكون الدقة حوالي ١٪ من مدى الاستخدام.
٤. حجم غرفة العينة من (٨ - ١٣) مليلتر.
٥. تقاس اللزوجة الدورانية بواسطة قياس العزم المطلوب للحصول على سرعة دورانية ثابتة للأسطوانة الدوارة.
٦. يجب أن يتوفر في هذه التجربة برنامج للحاسب الآلي يقوم بالسيطرة على جهاز قياس اللزوجة الدوراني ومنظمات الحرارة وجمع وتخزين بيانات الاختبار مع عمل التحليل اللازم لها.
٧. يجب أن تحتوي غرفة تنظيم الحرارة على:
 - أدوات للصف.
 - أدوات لاستخلاص العينة و أدوات لتبريدها.
 - مثبت لغرفة العينة مع غطاء عازل للغرفة.
 - مسمار ووردة لربط عمود الدوران.

طريقة السوبريف

تجربة ريومتر القص الديناميكي

Dynamic Shear Rheometer (DSR) Test

الغرض من الاختبار:

تجرى هذه التجربة لأغراض المواصفات ويستخدم فيها جهاز القص الديناميكي وهو جهاز يقيس معامل التركيب وزاوية المرحلة للمواد الإسفلتية الرابطة عند درجة حرارة متوسطة وعليا لطبقات الإسفلت المستخدمة بشكل متكرر يصل إلى ١٠ راديان في الثانية الواحدة.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز ريومتر القص الديناميكي الموضح في الشكل (٩ - ١٢).
٢. غرفة لضبط بيئة الفحص.
٣. حاسب آلي.
٤. برنامج خاص بالاختبار.



شكل (٩ - ١٢): جهاز ريومتر القص الديناميكي.

خطوات الاختبار:

- يجب أن يعمل جهاز القص الديناميكي حسب المواصفة القياسية ويمكن ضبطه وتشغيله باستخدام حاسب آلي وأن يحتوي على ما يلي:
١. أن يعمل بمدى ترددات من ١٠ إلى ٢٠ هرتز (أقصى حد ١٠٠ راد للثانية) مع فترات تأخير خاصة يمكن اختيارها لكل تردد.
 ٢. أن يكون مزوداً بمحلل إجهاد يصل إلى ٥٠ ميكرو راد.
 ٣. يجب أن يقوم بفحص وتحليل متعاقب عند مدى لترددات تحدد باستخدام لوحة أبعادية، ومقاييس الإجهادات إلى حد ٢٪ من قيمة (G) التي تصل إلى ١ كيلو باسكال.
 ٤. يجب أن تكون الألواح قابلة للنقل والتحرك وأن يتراوح قطرها من ٦ ملم إلى ٤٠ ملم حسب الحاجة. ويجب تأمين مجموعتين ذات قطرين ٨ ملم و ٢٥ ملم للوح القاعدة.

طريقة السوبريف

اختبار ريوميتر الكمرة المنحنية

Bending Beam Rheometer (BBR) Test

الغرض من الاختبار:

تتأثر الطبقات الإسفلتية للانخفاضات الكبيرة في درجات الحرارة وقد يؤدي ذلك إلى حدوث تقلص وتشققات فيها. ويهدف اختبار ريوميتر الكمرة المنحنية لمعرفة مدى تأثير انخفاض درجات الحرارة على سلوك المواد الإسفلتية وهو من الاختبارات التي تجرى خاصة في البلدان التي تنخفض فيها درجات الحرارة بدرجة كبيرة.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز ريوميتر الكمرة المنحنية الموضح في الشكل (١٢ - ١٠).
٢. غرفة لضبط بيئة الفحص.
٣. حاسب آلي.
٤. برنامج خاص بالاختبار.



شكل (١٢ - ١٠): جهاز ريوميتر الكمرة المنحنية.

خطوات الاختبار:

١. يجب أن يعمل جهاز ريوميتر الكمرة المنحنية حسب المواصفة الخاصة به ويمكن ضبطه وتشغيله باستخدام حاسب آلي.
٢. توضع عينة من المادة الإسفلتية على شكل كمرة داخل الجهاز.
٣. يتم ضبط درجة الحرارة حسب مواصفات الاختبار.
٤. تحمل العينة بحمل ثابت في مركزها لمدة ٤ دقائق.
٥. يحسب الزحف الناتج عن الحمل.

طريقة السوبريف

اختبار الشد المباشر

Direct Tension (DT) Test

الغرض من الاختبار:

يهدف اختبار الشد المباشر لمعرفة سلوك المواد الإسفلتية عندما تتعرض لدرجات حرارة منخفضة جداً وهو من الاختبارات التي تجرى خاصة في البلدان التي تنخفض فيها درجات الحرارة بدرجة كبيرة (من ٠ إلى - ٣٠ درجة مئوية).

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز الشد المباشر الموضح في الشكل (١٢ - ١١).
٢. غرفة لضبط بيئة الفحص.
٣. حاسب آلي.
٤. برنامج خاص بالجهاز.



شكل (١٢ - ١١): جهاز الشد المباشر.

خطوات الاختبار:

١. يجب أن يعمل جهاز الشد المباشر حسب المواصفة الخاصة به ويمكن ضبطه وتشغيله باستخدام حاسب آلي.
٢. توضع العينة الإسفلتية داخل الجهاز.
٣. يتم ضبط درجة الحرارة حسب مواصفات الاختبار.
٤. يتم تحميل العينة بحمل شد إلى أن تنهار.
٥. تحسب الاستطالة الناتجة عن الحمل.

اختبارات تقييم الركام وتربة الأساس

اختبار التآكل أو البري للمواد الخشنة

Aggregates Abrasion Test

الغرض من الاختبار:

يتعرض الركام المستخدم في السطح للتآكل والبري بسبب حركة المركبات، وعليه فيجب أن يكون صلباً ومقاوماً للتآكل مع الزمن. ويعتبر اختبار التآكل من أهم الاختبارات التي تجرى على الركام الخشن لتحديد مدى قوته وصلادته.

الأدوات المستخدمة:

١. يستخدم في هذا الاختبار جهاز لوس انجلوس للتآكل الموضح في الشكل (١٢ - ١٢) وهو عبارة عن أسطوانة من الصلب مفرغة ومقفلة الجانبين يمكنها الدوران حول محورها الأفقي.
٢. منخل رقم ٨ ومنخل رقم ١٢.
٣. جهاز أوتوماتيكي للنخل.
٤. ميزان حساس.
٥. مجموعة كرات من الصلب (قطرها حوالي ٣,٨ مم ووزنها بين ٣٩٠ - ٤٤٥ جم).



شكل (١٢ - ١٢): جهاز لوس انجلوس للتآكل.

خطوات الاختبار:

١. توضع عينة من الركام الخشن المحجوز على المنخل رقم ٨ داخل الأسطوانة.
٢. يضاف إلى العينة عدد من الكرات (الصلب).
٣. تدار الأسطوانة بسرعة تتراوح بين ٣٠ و ٣٣ دورة في الدقيقة لعدد كلي يتراوح بين ٥٠٠ و ١٠٠٠ دورة.
٤. بعد إجراء الاختبار تهز العينة على المنخل رقم ١٢ ويحسب الفرق بين وزن العينة الأصلي والوزن المحجوز على المنخل وهو مقدار البري أو التآكل، ويعبر عنه بالنسبة المئوية من الوزن الأصلي.

اختبارات تقييم الركام وتربة الأساس

تجربة مقاومة الركام للصدم

Aggregates Impact Resistance Test

الغرض من الاختبار:

الغرض من هذه التجربة هو قياس صلابة الركام أو مقاومته للكسر تحت الصدمات المتكررة.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز الصدم الموضح في الشكل (١٢ - ١٣) ويتكون من قاعدة ووعاء أسطواناني قطره الداخلي ١٠,٢ سم وعمقه ٥ سم حيث توضع بداخله العينة.
٢. مطرقة من حديد وزنها ١٤ كجم تسقط سقوطاً حراً من ارتفاع ٣٨ سم على سطح العينات.

خطوات الاختبار:

١. تجهز العينة ويتم تمريرها من منخل ١٢,٥ مم وتحجز على منخل ١٠ مم.
٢. توضع العينة في المكيال على ثلاث طبقات وتذك كل طبقة ٢٥ مرة بقضيب الغرز.
٣. تنتقل العينة إلى الوعاء الأسطواناني ويتم دكها ٢٥ مرة.
٤. ترفع المطرقة ٣٨ سم فوق سطح العينة ثم تترك لتسقط فوق العينة ١٥ مرة.
٥. تتخل العينة على منخل ٢,٣٦ سم.

تقاس درجة الصلابة بنسبة المواد الناعمة المتكونة إلى الوزن الكلي للعينة ، فإذا كانت:

- درجة الصلابة أقل من ١٠٪ يعتبر الركام جيد جداً.
- درجة الصلابة من ١٠ - ٢٠٪ يعتبر الركام جيداً.

- درجة الصلابة من ٢٠ - ٣٠٪ يعتبر الركام مقبولاً.



شكل (١٢ - ١٣): جهاز الصدم.

اختبارات تقييم الركام وتربة الأساس

اختبارات الدمك

Compaction Tests

الغرض من الاختبار:

الغرض الرئيس من اختبارات الدمك في المعمل هو تعيين الكثافة الجافة القصوى ونسبة الرطوبة المثالية ليتم تطبيقها في الموقع.

الأدوات المستخدمة:

١. أجهزة الدمك المبينة في الشكل (١٢ - ١٤): قالب مع قاعدته وطوقه ومطرقة.
٢. منخل رقم (٤).
٣. صينية خلط كبيرة.
٤. وعاء تجفيف.
٥. ميزان كبير يزن إلى 20 kg
٦. ميزان صغير لا تقل درجة دقته عن 0.1 gm
٧. فرن تجفيف بدرجة حرارة 110 ± 5 درجة مئوية.
٨. مغرفة وسكين تسوية.
٩. علب لتحديد المحتوى المائي.



شكل (١٢ - ١٤): جهاز الدمك (بروكتور).

أ - اختبار بروكتور القياسي Standard Proctor Test

خطوات الاختبار:

١. ضع العينة في صينية الخلط وابدأ في خلطها وتفتيت حبيباتها بواسطة اليد.
٢. مرر العينة على منخل رقم (٤) للتأكد أن أكثر من ٨٠٪ منها قد تجاوز هذا المنخل، وإلا أعد خلط وتفتيت التربة.
٣. أوزن القالب فارغاً مع قاعدته وبدون الطوق العلوي، باستخدام الميزان الكبير.
٤. ثبت الطوق على القالب بإحكام.
٥. ضع جزءاً من عينة التربة في القالب بحيث تغطي حوالي ثلث حجم القالب وبسمك يتراوح بين 5 cm و 7 cm.
٦. ادمك التربة في القالب بواسطة المطرقة التي وزنها 2.5 kg وارتفاع سقوطها 30.5 cm، وبعدد ٢٥ ضربة موزعة على سطح التربة.
٧. اعمل شروخاً أو تشققات في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتيمتر تقريباً بواسطة سكين، ثم أضف الثلث الثاني من التربة ودكها بنفس الطريقة الموضحة في الخطوة (٧).

٨. اعمل شروخاً مرة أخرى في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتيمتر تقريباً بواسطة سكين، ثم أضف الثلث الأخير من التربة بحيث تغطي كامل القالب بما فيه الطوق، ودكها بنفس الطريقة الموضحة في الخطوة (٧).
٩. أزل الطوق بعناية حتى لا تتفتت التربة المدكوكة، ثم أزل التربة الزائدة عن ارتفاع القالب بحافة السكين حتى يتساوى سطح التربة مع حافة القالب تماماً.
١٠. أوزن التربة مع قاعدته والتربة الموجودة به.
١١. أخرج العينة من القالب، وقد تحتاج إلى جهاز استخراج العينات.
١٢. حدد المحتوى المائي للتربة بأخذ عينة من أعلى ووسط وأسفل التربة المدكوكة.
١٣. كرر الخطوات من (٦) إلى (١٣) بزيادة المحتوى المائي في كل مرة بنسبة ٣٪ تقريباً حتى تبدأ الكثافة الجافة للتربة في النقصان.

ب - اختبار بروكتور المعدل Modified Proctor Test

خطوات الاختبار:

١. اتبع الخطوات من (١) إلى (٥) المبينة في طريقة عمل اختبار بروكتور القياسي.
٢. ضع جزءاً من التربة بحيث تغطي خمس القالب بعد الدمك.
٣. ادمك التربة في القالب بواسطة المطرقة التي وزنها 4.54 kg وارتفاع سقوطها 45.72 cm، وبعد ٢٥ ضربة موزعة على سطح التربة.
٤. اعمل شروخاً أو تشققات في سطح الطبقة المدكوكة بسمك نصف سنتيمتر تقريباً بواسطة سكين، ثم أضف الخمس الثاني من التربة ودكها بنفس الطريقة الموضحة في الخطوة (٣).
٥. كرر العملية نفسها حتى الطبقة الخامسة.
٦. اتبع نفس العمليات الموضحة في اختبار بروكتور القياسي وذلك من الخطوة (١٠) إلى (١٣).
٧. كرر الطريقة بزيادة المحتوى المائي لعينة التربة بنسبة ٣٪ تقريباً في كل مرة حتى تبدأ الكثافة الجافة للتربة في النقصان.

العمليات الحسابية:

يكمن الهدف من تجربة الدمك في تحديد أقصى كثافة جافة ($\gamma_{d-\max}$) maximum dry density ونسبة المياه الحرجة (OMC) optimum moisture content المناظرة لها، ويتم ذلك برسم الكثافة الجافة مع المحتوى 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 الرطبة في القالب

w = المحتوى المائي للتربة المدكوكة

اختبارات تقييم الركام وتربة الأساس

اختبار تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا

California Bearing Ratio (CBR) Test

الغرض من الاختبار:

تجرى هذه التجربة مع منحنيات قياسية أخرى لتصميم سمك طبقات الرصف وللتأكد من مدى تحمل التربة وطبقات الرصف للأحمال الناتجة عن حجم المرور.

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز CBR لقياس الضغط المبين في الشكل (١٢ - ١٥).
٢. قالب دمك أسطوانى قطره الداخلى ١٥ سم وارتفاعه ١٨ سم.
٣. مطرقة دمك وزنها ٤,٥٣ كجم تسقط من ارتفاع ٤٥,٨ سم..
٤. حلقة وقاعدة.
٥. أداة قياس الانتفاخ مع مؤشر وأوزان.
٦. ميزان.
٧. فرن تجفيف.

خطوات الاختبار:

١. يتم تجهيز حوالي ١٢ كيلو جرام من التربة المارة من منخل رقم (٤).
٢. تخلط العينة مع كمية الماء المناسبة تبعاً للمحتوى المائى المطلوب.
٣. توضع العينة في القالب وتدمك بالمطرقة ٥٥ دقة ويتم تحديد الكثافة الجافة القصوى.
٤. تحمل العينة بمجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن ٤,٥ كجم (تعادل وزن ضغط التربة عليها في الطبيعة).

٥. تغمر العينة تماماً بالماء وهي مازالت في القالب لمدة ٤ أيام ويتم قياس مقدار الانتفاخ بعد مرور ٠ ، ١ ، ٢ ، ٤ ، ٨ ، ١٢ ، ٢٤ ، ٣٦ ، ٤٨ ، ٧٢ ، ٩٦ ساعة.

٦. بعد الانتهاء من تحديد مقدار الانتفاخ تترك العينة لمدة ١٥ دقيقة لخروج الماء ثم يحسب وزنها مع القالب.

٧. توضع العينة بعد ذلك في آلة قياس الضغط وعليها حمل يعادل وزن سمك الرصف (لا يزيد عن ٤,٥ كجم) ويدفع المكبس بمعدل ١,٢٥ مم / الدقيقة ويسجل الحمل عند غرز مقداره ٢,٥ ، ٥ ، ٧,٥ ، ١٠ ، ١٢,٥ مم .

٨. بعد الانتهاء من الاختبار يتم استخراج العينة وأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والثلث الأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.

٩. يرسم منحنى الضغط (كجم / سم^٢) مع الاختراق (مم) كما هو مبين في الشكل (١٢ - ١٦) ثم يسجل مقدار الضغط عند الاختراق ٢,٥ و ٥,٠ مم.

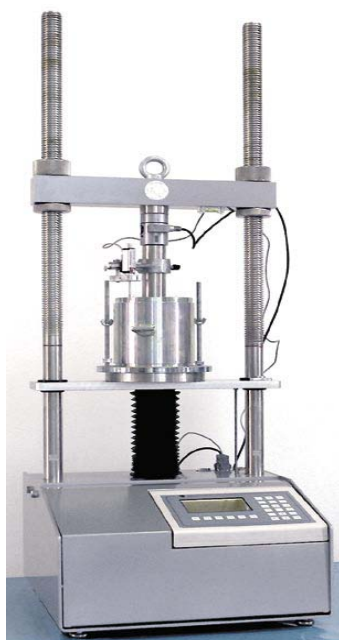
١٠. تحسب قيمة CBR من العلاقة التالية:

$$CBR(\%) = \frac{\text{الحمل المسبب لاختراق 2.5 مم للعينة عند التجربة}}{\text{الحمل المسبب لاختراق 2.5 مم لعينة من الأحجار القياسية}} \times 100$$

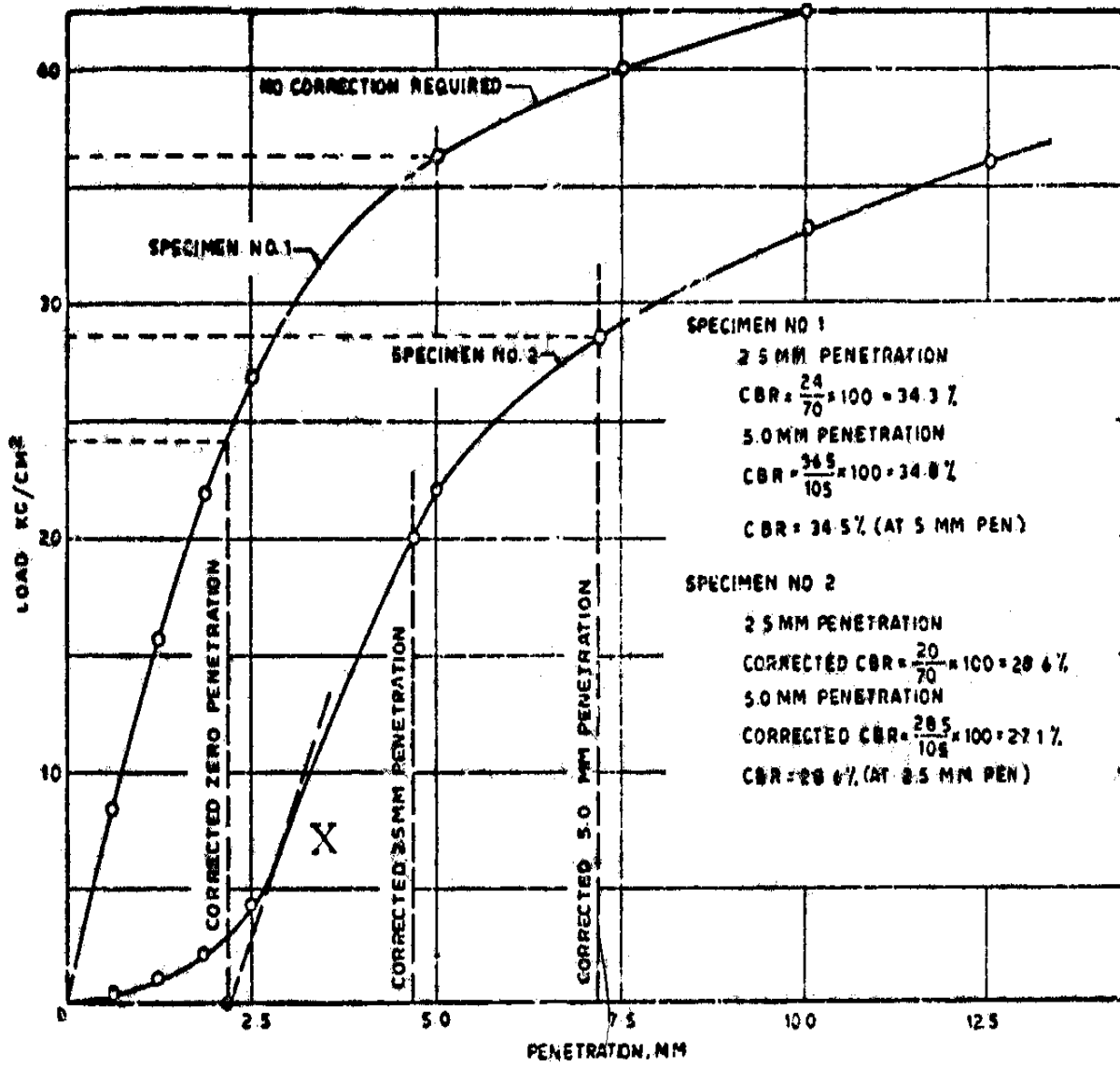
الجدول رقم (١) يعطي البيانات الخاصة بتجربة CBR على عينات من الأحجار المكسرة القياسية:

جدول رقم (١) قيم CBR لعينات من أحجار مكسرة قياسية.

مقدار الغرز (مم)	الحمل القياسي (كجم)	الضغط القياسي (كجم / سم ^٢)
٢,٥	١٣٧٠	٧٠
٥	٢٠٥٥	١٠٥
٧,٥	٢٦٣٠	١٣٤
١٠	٣١٧٠	١٦٢
١٢,٥	٣٦٠٠	١٨٣



شكل (١٢ - ١٥): جهاز CBR.



Load-Penetration Curve in C.B.R Test

شكل (١٢ - ١٦): منحنى الغرز لقياس نسبة كاليفورنيا للتحميل.

اختبارات الخلطة الإسفلتية

تصميم الخلطات الإسفلتية بطريقة مارشال

Marshall Method of Design

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

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

اختبار مارشال

Marshall Test

الغرض من الاختبار:

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

الأدوات المستخدمة:

١. جهاز مارشال الموضح على الشكل (١٢ - ١٧).
٢. حلقة قياس قوة الضغط بقدرة ٢٢٧٦ كجم.
٣. قوالب أسطوانية قطرها ١٠١,٦ مم وارتفاعها ٧٦,٢ مم.

٤. جهاز لإخراج العينة من القالب.
٥. مطرقة وزنها ٤,٥٣ كجم تسقط من ارتفاع ٤٥,٨ سم.
٦. قاعدة دمك خشبية.
٧. رأس الكسر.
٨. خلاطة ميكانيكية، فرن، وحمام مائي، أوعية وعلب، وأدوات مختلفة.

تحضير العينات:

لإجراء الاختبار نتبع الخطوات التالية:

١. يتم تجهيز كميات كافية من الركام تكفي لتحضير ٣ عينات (لكل نسبة من نسب البيتومين تمثل محاولة واحدة)، يكون وزن كل كمية في حدود ١٢٠٠ جرام.
٢. يجفف الركام في درجة حرارة من ١٠٥ إلى ١١٠ درجة مئوية لمدة ٢٤ ساعة.
٣. يفصل الركام بعد تبريده على المناخل ٢٥، ١٩، ٩,٥، ٤,٧٥، ٢,٣٦، ١,١٨ مم.
٤. تحدد درجة الحرارة اللازمة لتسخين البيتومين للخلط بأنها التي تجعل لزوجة الإسفلت ± 170 سنتي ستوك (CST) أما الحرارة اللازمة للدمك فهي التي تكون فيها اللزوجة مقدارها 280 ± 30 سنتي ستوك (CST) (تتراوح مابين ١٦٠ و ١٦٥ درجة مئوية).
٥. يتم اختيار الوزن من كل مقاس من المقاسات المفصولة حسب نسبة هذا المقاس من الوزن الكلي بحيث يكون الوزن الكلي للركام للعينة الواحدة ما يقارب ١٢٠٠ جم ويعطي هذا الوزن بعد خلطه بالإسفلت ودمكه عينة ارتفاعها $63,5 \pm 1,27$ مم وقطرها 101.6 مم. وتحضر ٣ عينات من هذا الوزن لكل نسبة بيتومين.
٦. تسخن عينات الركام في الفرن لدرجة حرارة لا تزيد عما حدد في الفقرة ٤ ثم توضع في الخلاطة وتخلط جيداً، ثم تحفر حفرة في الركام ويضاف الإسفلت الساخن بالكمية المحددة (٤٪، ٤,٥٪، ٥٪، ٥,٥٪، ٦٪، ٦,٥٪، ٧٪)، وتخلط المكونات حتى تصبح جميع الحبيبات مغلفة بالإسفلت.
٧. توضع الخلطة الحاوية للإسفلت المحلول في فرن درجة حرارته أعلى من حرارة الدمك المحددة في الفقرة ٤ بمدة كافية لتفقد العينة حوالي ٥٠٪ من المواد المتطايرة، ويمكن التحريك لتسهيل

التبخّر، ويحسب وزن العينات على فترات كل ١٥ دقيقة ثم كل ١٠ دقائق حتى يصبح الفقدان للمواد المتطايرة ٥٠٪.



شكل (١٢ - ١٧): جهاز مارشال.

دمك العينات:

١. ينظف القالب ومطرقة الدمك ثم يسخنان إما في ماء مغلي أو لوحة معدنية ساخنة في درجة حرارة ٩٠ - ١٥٠ درجة مئوية.
٢. توضع العينة في القالب وتدمك بالسكين ١٥ مرة حول محيط القالب و ١٠ مرات في القالب داخل الحلقة.
٣. ترفع الحلقة ويجعل سطح العينة على شكل كروي ثم تعاد الحلقة ويوضع القالب على القاعدة الخشبية وتدمك العينة ٧٥ أو ٥٠ ضربة (حسب نوع المرور لطبقة الرصف) بالمطرقة على أن يكون محور المطرقة عمودياً قدر الإمكان على مستوى القاعدة.
٤. يقلب القالب والعينة ويعاد الدمك بنفس عدد الضربات.
٥. يرفع 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.

خطوات الاختبار:

١. تغمر العينات التي تم دمكها وبردت وتم اختبار كثافتها في حمام مائي لمدة (٣٠ - ٤٠) دقيقة عند درجة حرارة ٦٠ درجة مئوية.
٢. ينظف رأس الكسر والقضبان ويشحن القضيبان على القضبان حتى تنزلق في الجزء العلوي بسهولة.
٣. تخرج العينة من الحمام ويجفف سطحها وتوضع في الجزء السفلي من رأس الكسر ويوضع الجزء العلوي فوق العينة ويوضع الجميع على جهاز الكسر. ثم يوضع جهاز قياس الانسياب على أحد القضيبين ويضبط على الصفر ويثبت جهاز القياس جيداً أثناء الاختبار.
٤. يشغل المحرك بسرعة ثابتة مقدارها ٥٠,٨ مم لكل دقيقة حتى يصل المؤشر إلى أقصى قراءة ويبدأ بالرجوع.
٥. يقاس الضغط وتحول القراءات إلى وحدات الضغط وتسجل قراءة الانسياب عندما يصل الحمل إلى الحد الأقصى ويبدأ بالرجوع (يجب ألا يستغرق الاختبار أكثر من ٣٠ ثانية من لحظة وضع العينة في رأس الكسر حتى النهاية) ويسجل الانسياب حسب العداد ٠,١ مم أو ٠,٢٥٤ مم.
٦. بعد مضي ٢٤ ساعة يتم إخراج باقي العينات ويجفف سطحها ويجري عليها الاختبار ويتم تسجيل قراءة المؤشر عند الانهيار ومنه يوجد الفاقد في الثبات.
٧. تكرر هذه الخطوات لجميع العينات بنسب البيتومين المختلفة (٤٪، ٤,٥٪، ٥٪، ٥,٥٪، ٦٪، ٦,٥٪، ٧٪) وذلك للحصول على أكبر قيمة لثبات الخلطة ومقدار الانسياب وكذلك الفراغات الهوائية والمملوءة بالبيتومين في حدود المواصفات القياسية.

العمليات الحسابية:

١. تحسب كثافة العينات (جم / سم^٣) ويتم حساب معدل الكثافة لكل ثلاث عينات على نسبة البيتومين الواحدة. ثم يرسم الشكل الذي يبين العلاقة بين نسبة البيتومين (على محور السينات) والكثافة المقابلة لها (على محور الصادات).

$$\text{الكثافة الكلية} = \frac{\text{وزن العينة في الهواء الجاف}}{\text{الحجم}}$$

٢. تحسب الفراغات في الركام والفراغات الهوائية ويتم عمل أشكال تبين العلاقة بين نسبة البيتومين (محور السينات) والفراغات الهوائية (%) والفراغات في الركام المملوء بالبيتومين (%).

٣. ترسم العلاقة بين نسبة البيتومين ومعدل القوة (ثبات مارشال) (ثلاث عينات)، ويرسم شكل يبين العلاقة بين نسبة البيتومين ومعدل الانسياب (ثلاث عينات).

$$\text{الفاقد في الثبات} = \frac{\text{الثبات بعد 30 دقيقة} - \text{الثبات بعد 24 ساعة}}{\text{الثبات بعد 30 دقيقة}} \times 100$$

٤. يتم تحديد نسبة البيتومين التي تحقق أعلى كثافة وأعلى ثبات وفراغات هوائية عند منتصف المواصفات. أي إذا كانت المواصفات للفراغات الهوائية من ٣ إلى ٥% تكون النقطة التي يتم تحديد نسبة البيتومين عندها لشكل الفراغات الهوائية هي ٤%.

٥. يحسب معدل القراءات الثلاث لنسب البيتومين ويدقق إذا كانت هذه النسبة (معدل) تحقق شروط الانسياب المطلوبة والفراغات المطلوبة.

٦. إذا لم تحقق الشروط فيعدل في اختيار هذه النسبة بالزيادة أو النقصان حتى الوصول إلى النسبة التي تحقق الشروط المطلوبة.

٧. تنص المواصفات والمقاييس على أن:

- الثبات ١٠٠٠ كجم كحد أدنى.
- التدفق من ٢,٤ إلى ٥ مم كحد أقصى.
- الفاقد في الثبات ٢٥ كحد أعلى.

اختبارات الخلطة الإسفلتية

تصميم الخلطات الإسفلتية بطريقة السوبرباف

Superpave Method of Design

الغرض من الاختبار:

تعتبر طريقة السوبرباف من الطرق الحديثة لتصميم الخلطات الإسفلتية وتعتمد على الدمك المعملية واختبارات الخواص الميكانيكية للخلطة الإسفلتية لتوقع الأداء المستقبلي للخلطة التصميمية. ونتائج هذه الاختبارات تؤدي إلى عمل توقع لأداء الرصف في الطبيعة بدلالة أحمال المحاور المكافئة أو الوقت اللازم للوصول إلى درجة تحدد معين أو شروخ كلال أو شروخ انكماش. هذا النظام الخاص بالخليط المتكامل والتحليل الإنشائي يتيح للمصمم تقويم ومقارنة التكاليف المرتبطة باستعمال مواد مختلفة وخلطات مختلفة.

اختبار الدمك الدوراني

Gyratory Compaction Test

الأجهزة المستخدمة:

١. يستخدم في هذا الاختبار جهاز الدمك الدوراني (Gyratory Compactor) المبين في الشكل (١٢ - ١٨)، ويتم بواسطته دمك العينات المصممة حسب عملية الدمك المتوقعة في الحقل.
٢. قوالب أسطوانية خاصة بدمك العينات.



الشكل (١٢ - ١٨): جهاز الدمك الدوراني.

خطوات الاختبار:

٢. يتم تحضير ٦ عينات من الخلطة الإسفلتية حسب الطريقة التالية:
 - ٢ منها تحتوي على نسبة إسفلت حسب المعادلة التصميمية المقترحة.
 - ٢ تحتوي على نسبة إسفلت زائدة ب ٠,٥ % على النسبة التصميمية.
 - ٢ تحتوي على نسبة إسفلت أقل ب ٠,٥ % عن النسبة التصميمية.
٦. توضع العينات في القوالب الخاصة بالدمك ثم توضع في جهاز الدمك الدوراني.
٧. يشغل الجهاز وتدمك العينات حسب المواصفات المخصصة بالدمك المتوقع في الحقل.
٨. يتم تحديد كثافة الخلطات التي تم اختبارها.
٩. تحسب نسبة الإسفلت المثالية التي تعطي نسبة فراغات أقل من ٤ %.



تشغيل الجهاز



وضع العينة في جهاز الدمك الدوراني



استخراج العينة بعد الدمك

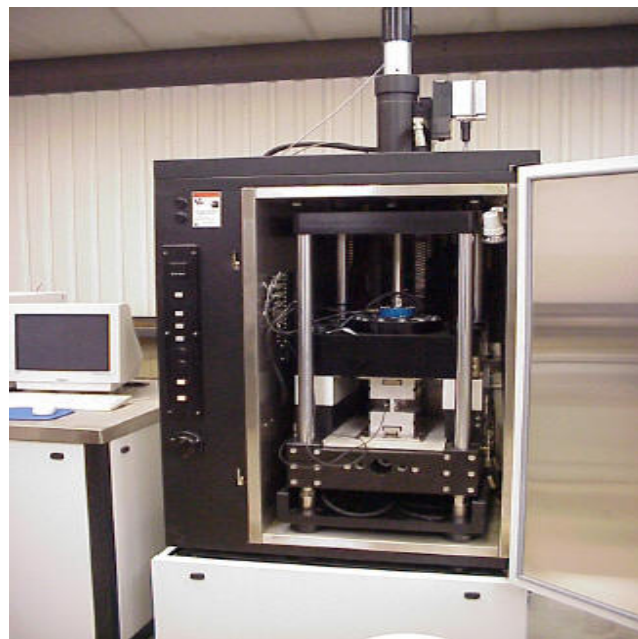
وتجرى كذلك على العينات المصممة مجموعة من الاختبارات الأخرى، تعطي نتائجها مؤشراً مباشراً لسلوك الخلطات الإسفلتية في المستقبل. ويستخدم في هذه الاختبارات:

- جهاز الشد غير المباشر المبين في الشكل (١٢ - ١٩).

- جهاز السوبريفف للقصر المبين في الشكل (١٢ - ٢٠).



شكل (١٢ - ١٩): جهاز الشد غير المباشر



شكل (١٢ - ٢٠): جهاز السوبريفف للقصر

ويجرى بهذين الجهازين الاختبارات التالية:

١. اختبار الشد غير المباشر:

٢. يقيس هذا الاختبار تأثير الزحف ومقاومة خليط الإسفلت باستخدام تقنية تحميل العينة بأحمال شد عند درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة (أقل من ٢٠ درجة مئوية) ويشمل اختبار الشد تطبيق حمل ضغط عبر قطر العينة الأسطوانية.

٣. الاختبار الحجمي:

تستخدم نتائج هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال وتستخدم ثلاث مستويات من الضغوط تعتمد على درجات الحرارة.

٤. اختبار الانفعال وحيد المحور:

يستخدم هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال أيضا مثل الاختبار الحجمي. ويتم تطبيق الضغوط المحورية على العينة بينما تحاول العينة زيادة محيطها، وتقاس التشكلات المحورية في كلا الجانبين كما يتم قياس الأحمال الرأسية أيضاً.

٥. اختبار القص المتكرر عند نسبة ضغط ثابتة:

يتم إجراء هذا الاختبار لكل من التحليل الكامل أو الجزئي لتحديد مدى مقاومة الخليط الإسفلتي لحدوث تخذد ثلاثي، ويحدث هذا النوع من التخذد عند محتوى هوائي قليل مع عدم اتزان الخليط الإسفلتي الكلي. ودرجة الحرارة المستخدمة في الاختبار عبارة عن درجة حرارة تحكم في التشكل المستديم، ويتم حسابها على أساس حالة المرور المتوقعة والظروف الجوية للمشروع.

٦. اختبار القص البسيط عند ارتفاع ثابت:

يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط والكامل للتشكل المستديم وشروخ الكلال، ويتم التحكم في إجهادات القص التي تطبق على عينة الاختبار وتسبب زيادة في طول العينة. ويتم إجراء هذا الاختبار عند ضغوط ودرجات حرارة مختلفة في كل من التحليل المتوسط والكامل.

٧. اختبار التحميل التكراري عند ارتفاع ثابت: يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط والكامل للتشكل المستديم وشروخ الكلال ويتم تطبيق تحميل متكرر على العينة للحصول على أقصى انفعال بمقدار ٠,٠٠٥ ٪ ويتم إجراء حوالي مائة دورة للاختبار عند ترددات مختلفة. كما يتم

إجراء الاختبار عند درجات حرارة مختلفة ويتم قياس الحمل المحوري والقصي والتشكلات ويتم تسجيلها.

اختبارات الخلطة الإسفلتية

اختبار الاستخلاص لتحديد نسبة الإسفلت وتدرج المواد الصلبة

Bitumen Content Extraction Test

الغرض من الاختبار:

يحدد هذا الاختبار نسبة البيتومين الموجودة في الخلطات الإسفلتية الساخنة ولعينات الإسفلت المستعملة على الطرق، وكذلك التدرج الحبيبي للمواد الصلبة بعد استخلاص الإسفلت. وتستعمل هذه الطريقة من أجل ضبط الجودة وتقييم مطابقة الخلطات القياسية.

الأجهزة المستخدمة:

١. جهاز الاستخلاص المبين في الشكل (١٢ - ٢١) يدور بسرعة قصوى مقدارها 3600 دورة في الدقيقة.
٢. ورق ترشيح على هيئة حلقات بمقاس الوعاء.
٣. فرن تجفيف، ولوحة تسخين كهربائية، ووعاء تجفيف.
٤. مخبر مدرج.
٥. مناخل قياسية.
٦. محلول التريكلورو إيثيلين (Trichloroethylene).
٧. محلول كربونات الأمونيوم $((\text{NH}_4)_2 \text{CO}_3)$.



شكل (١٢ - ٢١): جهاز استخلاص الإسفلت.

خطوات الاختبار:

١. إذا كانت الخلطة غير لينة لنتمكن من تقسيمها بالمسطرين أو السكينة توضع في الصينية وتسخن حتى يمكن تفكيكها وتقسم بالتربيع حتى نحصل على كمية مناسبة للفحص كما هو مذكور بالجدول (٢).
٢. إذا كانت العينة بها رطوبة نسبتها أكبر من ٠,١٪ فإنه يتم حساب محتوى الرطوبة، وبعد ذلك تؤخذ عينة يكون وزنها حسب المقاس الأكبر الاسمي للركام كما هو مذكور بالجدول (٢) وتوضع في إناء جهاز الاستخلاص.
٣. تغمر العينة الموجودة بالإناء بمحلول التريكلور والإيثيلين وتترك لمدة لا تزيد عن ساعة حتى يتحلل المزيج
٤. يوضع الإناء والمحلول والعينة في الجهاز وتوضع ورقة الترشيح بعد وزنها على فوهة الإناء ويتم وضع الغطاء بإحكام، ويوضع مخبر تحت فتحة التصريف
٥. يدار الجهاز ببطء في البداية، ثم تزداد سرعته تدريجياً حتى تصل السرعة إلى ٣٦٠٠ دورة في الدقيقة، حتى يتوقف انسياب المحلول من الجهاز، ثم يوقف الجهاز وتوضع ٢٠٠ مم من المحلول،

وتعاد التجربة عدة مرات حتى يصبح السائل الخارج من الجهاز مثل لون القش الفاتح (يكون السائل نظيفاً).

٦. توضع محتويات الإناء في الصينية وتجفف بحمام بخاري ثم توضع بالفرن أو على اللوحة الساخنة في درجة حرارة 110 ± 5 درجة مئوية حتى ثبات الوزن، ويكون وزن الركام بعد استخلاص الإسفلت يساوي وزن الركام في الصينية + الزيادة في وزن ورقة الترشيح.

٧. يتم تسجيل حجم المحلول الذي تجمع في المخبر المدرج بعد تحريكه بشكل كافٍ ثم يؤخذ منه ١٠٠ مم إلى بوتقة الحرق بعد أن يتم تحديد وزنها فارغاً، وتجفف المحتويات في البوتقة على لوحة معدنية ويحرق الباقي على درجة ٥٠٠ - ٦٠٠ درجة مئوية ثم تبرد وتوزن ويضاف ٥ ملم من محلول كربونات الألمونيوم المشبع لكل جرام من الرماد، ويترك ليزوب لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة، ثم يجفف في درجة حرارة ١٠٠ حتى ثبات الوزن، ثم يبرد ويحسب وزن الرماد وتحسب كتلة المواد الصلبة في الخلاصة ثم تحسب نسبة الإسفلت في العينة.

جدول رقم (٢) وزن العينة حسب المقاس الأكبر الاسمي للركام

المقاس الاسمي الأكبر للركام (مم)	أقل وزن للعينة (كجم)
37.500	4.00
25.00	3.00
19.00	2.00
12.500	1.50
9.500	1.00
4.75	0.50

اختبارات حقلية على مواد الرصف

اختبارات قياس الكثافة في الموقع لطبقات الرصف المختلفة

Field Density Tests

للكحكم على جودة الدمك في الموقع لطبقات الرصف المختلفة يتم تعيين الكثافة الجافة لكل طبقة من الطبقات التي تم دمكها ومقارنتها بالكثافة الجافة القصوى التي تم تحديدها في المعمل عن طريق اختبار بروكتور القياسي أو المعدل. وتتم هذه المقارنة بحساب درجة الدمك وهي النسبة بين الكثافة الجافة في الموقع إلى الكثافة الجافة القصوى في المعمل، ويجب أن تكون بين ٩٥ - ١٠٠٪ لطبقة الأساس وطبقة ما تحت الأساس.

طريقة مخروط الرمل

Sand Cone Method

الغرض من الاختبار:

هو تعيين كثافة التربة في الموقع في حالتها الطبيعية أو بعد الدمك لإيجاد نسبة الدمك المطلوبة.

الأدوات المستخدمة:

١. المخروط الرملي المبين في الشكل (١٢ - ٢٢).

٢. قاعدة الجهاز بها ثقب.

٣. أدوات حفر وتنظيف.

٤. ميزان حساس.

٥. فرن تجفيف.

٦. أوعية غير منفذة للماء.

٧. ملقاط واقٍ للحرارة.

خطوات الاختبار:

١. يسوى سطح الموقع المراد تحديد الكثافة فيه وتزال جميع المواد السطحية غير المرغوب فيها.
٢. توضع القاعدة الخاصة بالجهاز فوق المكان المراد حساب الكثافة عنده وتحفر حفرة بقطر الثقب وبعمق الطبقة المدموكة.
٣. يجمع ناتج الحفر في وعاء غير منفذ للماء، ويتم وزن العينة فور إخراجها (W_h).
٤. يوزن القمع الرملى والإناء وهو مملوء بالرمل قبل إجراء التجربة، بعد ذلك يوضع الإناء مع القمع والرمل مقلوباً فوق الحفرة ثم يفتح الصنبور لإنزال الرمل في الحفرة.
٥. بعد امتلاء الحفرة والقمع بالرمل القياسي يقفل الصنبور، ثم يرفع القمع الرملى والإناء ويوزن ما تبقى من الرمل القياسي.
٦. يتم حساب وزن الرمل الذي ملأ الحفرة بعناية تامة (W_{sand}).
٧. يتم تعيين كثافة الرمل القياسي المستخدم في إجراء التجربة (γ_{Sand}).
٨. يتم تعيين حجم الحفرة من خلال وزن وكثافة الرمل ($V = \frac{W_{Sand}}{\gamma_{Sand}}$).



شكل (١٢ - ٢٢): مخروط الرمل.

ولحساب درجة الدمك أو الدمك النسبي للطبقة المدموكة نتبع الخطوات التالية:

- حساب الكثافة الرطبة للتربة: $\gamma_h = \frac{W_h}{v}$
- حساب الكثافة الجافة للتربة: $\gamma_d = \frac{\gamma_h}{(w + 1)}$
- حساب درجة الدمك: $RC(\%) = \frac{\gamma_{d(field)}}{\gamma_{d-max(lab)}} \times 100$

اختبارات حقلية على مواد الرصف

عمل جسات لطبقات الرصف باستخدام جهاز أخذ العينات

الغرض من الاختبار:

الجسات هي حفر أرضية في الموقع المراد استكشافه بأعماق مختلفة يمكن من خلالها الحصول على عينات لطبقات الرصف المختلفة للتعرف على نوعيتها وخواصها.

الأدوات المستخدمة:

يمكن تنفيذ الحفر إما يدوياً أو بواسطة معدات آلية الموضحة في الشكل (١٢ - ٢٣).

خطوات الاختبار:

يتم الحفر بواسطة لقمة دوارة تبقى في تلامس قوي مع قاع الحفر، وتحمل هذه اللقمة بواسطة مواسير التخريم المجوفة. وتجب تعبئة العينات فور الحصول عليها وحمايتها بطرق مناسبة من الجفاف أو من تغير حجمها أو انزلاقها في الوعاء، وبالنسبة للعينات المأخوذة من التربة المتماسكة والمقطوعة على هيئة مكعبات فإنه يمكن أن تغطى العينات جيداً بطبقة أو أكثر من الشمع، وتوضع كل عينة على حدة في غلاف خارجي له نفس أبعادها من الخشب أو ما شابهه لحمايتها أثناء النقل. في جميع الأحوال يجب تسجيل البيانات التالية عند أخذ العينات:

١. الموقع العام مع إيضاحه على رسم كروكي.

٢. المعلومات العامة عن المشروع.

٣. رقم الحفرة وأبعادها.

٤. عدد العينات وأماكن استخراجها.

٥. تاريخ أخذ العينة وحالة الطقس.

٦. طريقة أخذ العينات.

٧. المساحة أو الكمية التقريبية.

٨. منسوب المياه الجوفية في حالة اكتشافه.

٩. أية معلومات أو ملحوظات أخرى يراها من يقوم على أخذ العينات.



شكل (١٢ - ٢٣): عمل جسات لطبقات الرصف.