بسم الله الرحمن الرحيم

وزارة الشؤون البلدية والقروية
Ministry of Municipal & Rural Affairs
الإدارة العامة لتراخيص البناء

وكالة الوزارة للشئون الفنية

الرقم
التاريخ
المرفقات

وزارة الشئون البلدية والقروية
اداره الشئون الاداريه
الصادر ٤١٠٠١٢٨٨٠٤ فى ١١-٤-١٤٤١هـ
المرفقات/ ٢ لفه cd

قرار وزاري

إن وزير الشؤون البلدية والقروية المكلف

وبناء على الصلاحيات المخولة له نظاماً.

وبناء على المادة (٤٨) من نظام البلديات والقرى الصادر بالمرسوم الملكي رقم (م/٥) وتاريخ ١٣٩٧/٢/٢١هـ بشأن إصدار اللوائح والتعليمات لهذا النظام.

وبعد الإطلاع على ما عرضه علينا سعادة وكيل الوزارة للشؤون الفنية المكلف حول تحديث إصدارات وكالة الوزارة للشؤون الفنية من تحديث جميع الأدلة والإشتراطات لكي تتواكب وتتماشى مع رؤية المملكة ٢٠٣٠م وتكون عنصراً محفزاً لتحقيق أهداف الرؤية في تشجيع الإستثمار وضبط عملية التطوير مما سيكون له تأثير إيجابي على البيئة العمرانية.

(يقرر ما يلي)

أولاً: الموافقة على إصدار الأدلة والإشتراطات بصيغتها المرفقة وهي كما يلي:-

١) اشتراطات أبراج وهوائيات الإتصالات اللاسلكية.
٢) اشتراطات اللوحات الدعائية والإعلانية.
٣) اشتراطات المباني الترفيهية.
٤) اشتراطات المباني الرياضية.
٥) اشتراطات المباني المهنية.
٦) اشتراطات المدارس الأهلية.
٧) اشتراطات المستودعات والورش والمخازن.
٨) اشتراطات المطاعم والمطابخ.
٩) اشتراطات قاعات المناسبات (قصور الأفراح) والإستراحات.
١٠) اشتراطات مباني الصحة والخدمات الإجتماعية الأهلية.
١١) اشتراطات مراكز الخدمة.
١٢) اشتراطات مراكز خدمات النقل والمركبات.
١٣) دليل المواصفات العامة لإنشاء الطرق ومنشآتها.
١٤) دليل التصميم الهندسي للطرق.
١٥) دليل تقييم ومعالجة المباني الآيلة للسقوط.
١٦) دليل المفتش الفني للمباني.

١٧) دليل إنارة الشوارع والميادين.
١٨) دليل تصميم المصاعد والسلالم الكهربائية.
١٩) دليل تصميم منشآت الطرق.
٢٠) دليل تصميم مواقف السيارات.
٢١) دليل تقييم طبقات رصف الطرق ومنشآتها.
٢٢) دليل عقود تنفيذ الطرق والحدائق.
٢٣) دليل تدقيق تصاميم مشاريع الطرق.
٢٤) الدليل الفني لمراقبة تنفيذ أعمال الطرق واختبارات مواد الرصف.

ثانياً: تلغي هذه الأدلة والإشتراطات جميع ما يتعارض معها من أحكام.

وزير الشؤون البلدية والقروية المكلف

د. ماجد بن عبدالله القصبي

وزارة الشـــؤون البلدية والقروية

الدليل الفني لمراقبة تنفيذ أعمال الطرق واختبارات مواد الرصف

١٤٤١ هـ - ٢٠١٩ م

بسم الله الرحمن الرحيم

المحتويات

1 - النطاق وحدود التطبيق........ 11
1-1 نطاق التطبيق 11
2-1 استثناءات النطاق 11

2 - مراقبة تنفيذ أعمال الطرق........ 13
1-2 المرحلة التحضيرية 13
2-2 المرحلة التنفيذية 14
3-2 مراقبة تنفيذ أعمال الطرق........ 18
4-2 حصر الكميات المنفذة 26
5-2 إعداد التقارير 26

3 - اختبارات مواد بناء الطرق........ 31
1-3 الخواص الهندسية للمواد........ 31
2-3 أنواع العينات........ 31
3-3 أماكن أخذ العينات 32
4-3 اختبارات التربة........ 36
5-3 اختبارات الركام........ 50
6-3 فحوصات الأسفلت والخلطات الأسفلتية........ 63
7-3 الفحوصات التي تجرى على البلاط........ 99
8-3 الفحوصات التي تجرى على الطوب الأسمنتي والترابي والجيري الرملي 102

4 - مدة التحديث وحقوق الملكية والمرجعية........ 105

5 - المراجع........ 107

فهرس الجداول

جدول (3-3-1) معدلات الاختبارات وأماكنها وأحجام العينات...32
جدول (3-4-1-1) الأوزان المطلوبة لحبيبات التربة حسب حجم المنخل 36
جدول رقم: (3-4-2-1) حساب حد السيولة 39
جدول رقم: (3-4-2-2) حساب حد اللدونة..40
جدول رقم: (3-4-3-1) أرقام المناخل ومقاساتها 40
جدول (3-4-5-1) الفرق بين الأجهزة المستخدمة في طريقتي الدمك 43
جدول (3-4-7-1) قيم الكثافة النسبية مع حالة التربة..45
جدول (3-4-7-2) مقاس و وزن القالب حسب أكبر حبيبة في التربة..46
جدول (3-4-7-3) تجهيز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة..47
جدول (3-4-8-1) الوزن النوعي حسب نوع التربة..47
جدول (3-4-9-1) قيم نسبة التحمل (CBR)..49
جدول (3-4-9-2) حساب نسبة التحمل (CBR)...49
جدول (3-5-1-1) وزن عينة الركام الخشن حسب أقصى حجم بالبوصة 51
جدول (3-5-1-2) مثال على حساب معامل النعومة..51
جدول (3-5-2-1) وزن الركام الخشن..53
جدول (3-5-3-1) وزن العينة المراد تحديد مقاومة البري لها 54
جدول (3-5-3-2) التدرج الحبيبي لعينات الاختبار المراد تحديد مقاومة البري لها..54
جدول (3-5-4-1) وزن الركام الخشن حسب المنخل لاختبار تآكل الركام 56
جدول (3-5-5-1) أدنى وزن جاف للعينة مقابل لأقصى حجم للحبيبات...57
جدول (3-5-6-1) الوزن المطلوب لعينات اختبار تحديد كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في الركام 58
جدول (3-5-6-2) حجم المناخل اللازمة لإزالة المتبقي من كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت 59
جدول (3-5-8-1) حجم المكيال المطلوب حسب الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة..62
جدول رقم (3-5-8-2) درجات الحرارة المطلوبة حسب الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة.......................................62
جدول (3-6-1-1) المقاييس المعتمدة لتحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية..66

جدول (3-6-1-2) الفرق الأقصى بين القيم التي يتم الحصول عليها من اختبار الغرز 67
جدول (3-6-1-3) المعيار لقبول نتائج اختبارات اللزوجة.. 73
جدول (3-6-1-4) المواصفات القياسية لزيوت اللزوجـة.. 74
جدول (3-6-2-1) أقل وزن ومساحة للعينة باعتبار مقاس الركام.. 81
جدول (3-6-2-2) وزن العينة الأسفلتية الأدنى للإستخلاص 84
جدول (3-6-2-3) الوزن الأدنى لعينة الخلطة الأسفلتية الغير مدموكة 87
جدول (3-6-2-4) معامل التصحيح حسب ارتفاع العينة.. 90
جدول (3-6-2-5) متطلبات مضمون التقرير.. 92
جدول (3-6-2-6) محتوى التقرير.. 93
جدول (3-7-3-1) درجات الحرارة المعتمدة في الاختبار الحجمي 97
جدول (3-7-3-2) مستويات الضغوط المحورية.. 98
جدول (3-7-3-4) مستويات إجهاد القص 98

فهرس الأشكال

شكل (3-4-2-1) حدود أتربرج على مقياس المحتوى المائي.. 37
شكل (3-4-2-2) جهاز أتربرج.. 37
شكل (3-4-2-3 -ب).. 38
شكل (3-4-2-3 -ج).. 38
شكل (3-4-2-3 -أ) جهاز حد السيولة 38
شكل (3-4-2-3) جهاز كازاجراندي وجهاز (ASTM D4318)... 38
شكل (3-4-2-4) بيانات نموذجية من تجربة حدود أتربرج.. 40
شكل (3-4-9-1) جهاز تحديد نسبة كاليفورنيا... 49
شكل (3-5-1-1) المناخل القياسية.. 50
شكل (3-5-2-1) الأدوات المستخدمة لتحديد الوزن.. 52
شكل (3-5-3-1) جهاز لوس أنجلوس لاختبار تآكل المواد 55

شكل (3-5-7-1) جهاز تحديد المكافئ الرملي..60

شكل (3-5-7-2) الوعاء المستخدم لتحديد وزن وحدة الحجوم للمواد 61

شكل (3-6-1-1) جهاز كليفلاند 64

شكل (3-6-1-2) إبرة اختبار الغرز...65

شكل (3-6-1-3 -أ) مقياس اللزوجة من نوع (كانون - فينسك) المستعرض 69

شكل (3-6-1-3 -ب) مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع...69

شكل (3-6-1--3د) مقياس اللزوجة ذو الانسياب العكسي...71

شكل (3-6-1--3ج) مقياس اللزوجة من نوع (لانتز - زيتفوس) 71

شكل (3-6-1-3) مقياس اللزوجة..72

شكل (3-6-1--7أ) مقياس اللزوجة الشعري المعدل لكوبر الأمريكي...77

شكل (3-6-1--7ب) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لمعهد الأسفلت..77

شكل (3-6-1--7ج) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لمعهد الأسفلت 78

شكل (3-6-1-7) مقياس اللزوجة الشعرية بالتفريغ...78

شكل (3-6-1--7د) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لكانونماننج..78

شكل (3-6-1-8 -أ) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - حلقة بحواف 80

شكل (3-6-1-8 -ج) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - حامل الحلقة...80

شكل (3-6-1-8 -ب) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - دليل لتحديد مركز الكرة..80

شكل (3-6-1-8) جهاز درجة الطراوة للأسفلت 80

شكل (3-6-2-3) العينات الممثلة المأخوذة من الخلطات المخلوطة بنفس الموقع...82

شكل (3-6-2-2) العينات الممثلة المأخوذة أثناء الرصف...82

شكل (3-6-2-1) العينات الممثلة المأخوذة عند أماكن الإنتاج بواسطة مغـرفة...82

شكل (3-6-2-4) وعاء جهاز الاستخلاص..83

شكل (3-6-2-5) جهاز مارشال (Marshall Stability Apparatus) 89

شكل (3-6-2-6) تحديد نسبة الأسفلت المثل...91

شكل (3-6-2-7) جهاز مارشال..92

شكل (3-7-1) يمثل مبدأ عمل الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتية (Superpave)................................94
شكل (3-7-2) يمثل تجارب الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتيـة..94
شكل (3-7-1-1) مقياس اللزوجـة الدوراني 95
شكل (3-7-2-1) جهاز القص الديناميكي..96
شكل (3-7-3-1) جهاز Superpave للقص الديناميكي..97
شكل (3-7-3-2) جهاز Superpave لاختبار الشد غير المباشر 99
شكل رقم (3-8-4-1) جهاز فحص الانفتال والتقعر في البلاط...102

مقدمـــــة

من الأهداف الاستراتيجية لرؤية المملكة 2030، تمكين حياة عامرة وصحية عن طريق تعزيز السلامة المرورية. ومن العناصر الرئيسية للسلامة، جودة رصف الطرق وعلى رأسها الطرق الحضرية الواقعة تحت إشراف ومسؤولية وزارة الشؤون البلدية والقروية. لذا بادرت وكالة الوزارة للشؤون الفنية بتحديث وتطويردليلين سابقين هما دليل المراقب الفني للطرق،ودليل المختبر لمشاريع الطرق، وحيث أن الدليلين يختصان بأعمال رصف الطرق وموجهان إلى منسوبي الأمانات والبلديات فقد ارتأت وكالة الوزارة أن تدمج الدليلين في دليل واحد بعنوان الدليل الفني لمراقبة تنفيذ أعمال الطرق واختبارات مواد بناء الطرق .

الجزء الأول خاص بمراقبة تنفيذ أعمال الطرق حيث يتركز دور المراقب الفني للطرق في معاونة ومشاركة المهندس المشرف في جميع مراحل المشروع. ولتحقيق هذا الدور برزت الحاجة إلى وجود دليل يفصل منهجية عمل المراقب ويحدد مهامه وواجباته بدءا من بداية المرحلة التحضيرية وإجراءات تسليم الموقع للمقاول مرورا بخطوات التنفيذ والإجراءات الإدارية حتى نهاية عملية الاستلام الابتدائي للمشروع، علما بأن هذا الدليل لا يغني المراقب عن زيادة الاطلاع في المراجع المتخصصة ليرتقي إلى المستوى المطلوب.

وتماشياً مع الاتجاه السائد في الدول المتقدمة فإنه في عملية التحديث، تم توسيع نطاق عمل المراقب عما كان في الإصدار السابق بإضافة المهام الآتية:

- مراجعة التصاميم لضمان عدم وجود تعارض بين مستندات التصميم، وتقديم التوصيات للمهندس المشرف بخصوص التعديلات اللازمة.
- الكشف على الاختبارات الميدانية وفي أماكن التصنيع على المواد والمعدات ومتابعة معايرة الأجهزة والمعدات خاصة الإلكترونية.
- ضمان الجودة: الكشف على الأعمال المنجزة في الموقع ومن واقع السجلات وخلافه.

- معاونة المهندس المشرف في مراجعة تقديمات المقاول ومنها تنظيم الموقع ومرافقه، خطة التنفيذ، المخططات التنفيذية، المخططات حسب المنفذ، إلخ ...
- متابعة تقديم التقارير الدورية ويضيف الدليل في هذا التحديث تفاصيل عن وتيرة تقديم التقارير، ومحتواها، إلخ ...
- اجتماعات الموقع وحفظ السجلات.
- الفحص والمعاينة والإعداد للاستلام النهائي.
- البرامج الشاملة للسلامة والأمن والحماية من الحريق.

أما الجزء الثاني من الدليل فيشمل أنواع الاختبارات التي يتم إجراؤها على مواد طبقات الطرق ومواصفاتها وأجهزتها وطرق إجرائها ومعدلات الاختبارات المطلوبة في المشاريع. ويشمل الدليل الاختبارات التي تجرى على التربة، والركام، والأسفلت والخلطات الأسفلتية، وأيضا البلاط والطوب. كما يضم فصلاً خاصاً عن الطريقة الحديثة لتصميم الخلطات الأسفلتية (Superpave) والاختبارات الخاصة بها.

ويمكن إيجاز الاختلافات الرئيسية في هذا الجزء عن الدليل السابق في النقاط الآتية:

- تحديث المواصفات الفنية التي يتم بموجبها إجراء الاختبارات وتبني أحدث المواصفات الصادرة عن الهيئات العالمية ذائعة الصيت: (ASTM) و (AASHTO) و (Asphalt Institute) .
- إجراء مراجعة شاملة لكافّة المعادلات والنماذج الواردة في الدليل مع تحديثها لتتلاءم مع المعايير الحالية المعتمدة من قبل الهيئات العالميّة.
- مراجعة دقّة التعبير للتأكّد من صحّة محتوى الدليل و ملاءمته للمعايير والمقاييس العالمية المشار إليها في الأقسام المختلفة.

الفصل الأول
النطاق وحدود التطبيق

1- النطاق وحدود التطبيق

1-1 نطاق التطبيق

هذا الدليل موجه إلى منسوبي الأمانات والبلديات المعنيين بتنفيذ أعمال الطرق سواء بمراقبة التنفيذ أو العاملين في مجال اختبارات مواد الطرق. الهدف من هذا الدليل هو توحيد المعايير الفنية للحصول على النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم السليم على جودة المواد والأعمال المنفذة ومن ثم قبولها أو رفضها. ويجب أن يلتزم المهندسون والفنيون بكل المعايير الواردة في هذا الدليل.

يختص هذا الدليل بالطرق والشوارع الحضرية الجديدة التي يتم إنشاؤها، أو التي تخضع لأعمال التطوير مثل زيادة عرض الطريق و/أو إجراء تعديلات جوهرية في التصميم الأفقي و/أو الرأسي للطريق.

الجزء الأول من الدليل موجه إلى المراقبين الفنيين لتنفيذ أعمال الطرق والقائمين عليهم من مهندسين مشرفين والمختصين بالموارد البشرية في الأمانات والبلديات وكذلك نظرائهم من العاملين لدى المكاتب الاستشارية التي تتولى عملية الإشراف على مشاريع تنفيذ الطرق الحضرية الجديدة.

أما الجزء الثاني فهو موجه إلى المهندسين والفنيين العاملين في مجال إنشاء رصف الطرق وعلى وجه الخصوص اختبارات مواد الطرق الأساسية.

2-1 استثناءات النطاق

هذا الدليل يختص بالطرق الحضرية الواقعة تحت إشراف ومسؤولية وزارة الشؤون البلدية والقروية بمختلف تصنيفاتها، ولا يختص بالطرق بين المدن أو غيرها التابعة لوزارة النقل وكذلك الخاصة بالهيئات مثل الهيئة الملكية وهيئة تطوير الرياض وغيرها.

الفصل الثاني
مراقبة تنفيذ أعمال الطرق

2- مراقبة تنفيذ أعمال الطرق

2-1 المرحلة التحضيرية

2-1-1 الاطلاع على وثائق المشروع والتعاميم الصادرة للعمل بموجبها

- الاطلاع على وثائق المشروع ودراستها للعمل بموجبها.
- الاطلاع على جميع التعاميم الصادرة والتقيد بها.
- الاطلاع على شروط العقد وبنوده المختلفة ومخططات المشروع للتعرف على المشروع.
- الاطلاع على تقارير التربة للتعرف على طبيعة الموقع.
- الاطلاع على المواصفات العامة والخاصة بالعقد.

يتم الرجوع إلى المهندس المشرف في حالة وجود أي استفسار أو خطأ في الوثائق السابقة تفادياً لحدوث أي مشاكل مستقبلية.

2-1-2 مراجعة التصاميم

يقوم المراقب الفني بمعاونة المهندس المشرف، تحت إشرافه، وذلك في المهام التالية:

- مراجعة التصاميم والاطلاع على كل التقارير التي وُضِعت والاختبارات التي أُجريت (التربة، والهيدرولوجية، إلخ ...) وتقديم التوصيات التي يرى بأنها ضرورية فيما يخص أية تعديلات لازمة.
- تحديد الشوائب التقنية وأي نقص في المعلومات، وعدم كفاية التفاصيل، والتي يمكن أن تشير إلى مشاكل محتملة وتسبب عدم دقة وسوء تفسير أو خلافات خلال مراحل تنفيذ المشروع.
- مراجعة تقديمات التصميم الواردة في العقد، ويحضّر تقرير تقييمي مفصّل لتحديد المسائل التقنية، وطرح التحسينات المحتملة التي يمكن اعتمادها لتحسين فعالية التصميم، والتي ستنعكس على إنشاء، وتشغيل، وصيانة المشروع.
- مراجعة كل بيانات التصميم مع أخذ الأمور التالية بالاعتبار:
  - تقييم مدى الامتثال بالأكواد ومعايير التصميم المعتمدة، وقوانين السلامة، والقواعد المحلية واللوائح.
  - تقييم تفصيل ومقياس المخططات.
  - تقييم مدى توافق المعلومات في البيانات المختلفة مع بعضها البعض.
  - تقييم الأثر التشغيلي، ويتم إيلاء اهتمام خاص لمسائل السلامة، والأمن، واختلال العمليات، واللوجستيات، والتفاعل مع مشاريع تطوير أخرى مجاورة.
  - التحقق من كفاية المعايير التصميمية وطرح تحسينات لتعزيز فاعلية التصميم وتوافقه مع صناعات الإنشاء المحلية.

2-1-3 معاونة المهندس المشرف في تسليم الموقع

على المراقب الفني معاونة المهندس المشرف في تسليم موقع المشروع للمقاول على خطوتين:

أولاً: تحديد موعد للمقاول لتسليم الموقع له بموجب خطاب رسمي على عنوانه الموضح بالعقد.

ثانياً: مساعدة المهندس المشرف في تسليم الموقع على الطبيعة، والتأكد من عدم وجود أي عوائق تمنع المقاول من بدء التنفيذ. ويتم توقيع المحضر من المقاول ولجنة الإشراف بتاريخ التسليم، ويكون هذا التاريخ هو بداية مدة العقد.

أما في حالة وجود عوائق تمنع التسليم فيتم تحرير محضر بتلك العوائق، ويتم إخطار المقاول بميعاد آخر للتسليم بعد إزالة تلك العوائق.

2-1-4 معاونة المهندس المشرف بفتح الملفات اللازمة

يقوم المراقب الفني تحت إشراف المهندس المشرف بفتح الملفات اللازمة لحفظ وثائق المشروع، للمحافظة عليها وسهولة الرجوع إليها في أي وقت أثناء المشروع.

كما يتم حفظ كل المراسلات بين صاحب العمل (المالك) والمقاول بطريقة ميسرة ومتسلسلة بنظام ثابت.

كذلك يتم حفظ المخططات الخاصة بالمشروع في ملف واحد أو مجموعة ملفات متنوعة، بكل ملف مجموعة متجانسة من المخططات، مثلاً مخططات التربة والجسات في ملف واحد لسهولة الرجوع إليها، كما يتم إدراج المعدات التي يحضرها المقاول إلى موقع العمل في جدول رقم (2-1-4-1) ويحوي الجدول تاريخ وصول المعدات إلى موقع العمل، ويراعى إثبات المعدات الصالحة للعمل فقط، ومنه يتبين ما إذا كانت هناك معدات قد تعطلت أو نُقلت من العملية.

2-1-5 تحضير دفاتر يومية

إعداد دفتر يشتمل على تقارير يومية عن حالة سير العمل بالموقع، ويشار فيه بإيجاز إلى الأعمال الجاري تنفيذها ومدى مطابقتها للمواصفات، فضلاً عن البيانات الخاصة بحالة الطقس، وجهاز المقاول ومعداته، ومدى صلاحية المواد الواردة إلى الموقع وأي ملاحظات أخرى. وتعتمد هذه التقارير من المهندس المشرف. كما يجب تسجيل الأعطال بصفة قاطعة مع توضيح ما إذا كانت راجعة إلى تقصير من المقاول أو لأسباب خارجة عن إرادته، وإثبات تواريخ هطول الأمطار وعما إذا كانت تسببت في تعطيل المقاول من عدمه، وهبوب الرياح غير العادية وما سببته من أضرار. ويتم تسليم جميع التقارير والملاحظات الى المهندس المشرف.

2-1-6 اعتماد الكادر الفني للمختبر

يقوم المهندس المشرف بمعاونة المراقب الفني بالتأكد من مهارات وخبرات الكادر الفني للمختبر.

2-1-7 الحد الأدنى لمؤهلات المراقب الفني

يكون المراقب الفني معتمدًا لدى الجهات الحكومية المختصة في المملكة العربية السعودية، مع سابقة أعمال في مجال مراقبة أعمال تنفيذ الطرق، على ألا تقل خبرته الميدانية عن 7 سنوات.

2-2 المرحلة التنفيذية

2-2-1 قبل مرحلة التنفيذ

يقوم المراقب الفني وبالتنسيق مع المهندس المشرف بتوجيه الكادر الفني للمختبر المعتمد بالأمانة أو البلدية بعمل زيارة ميدانية للخلاطة وموقع الكسارة العائدة للمقاول المنفذ والكشف عن موقع أخذ المواد المعتمدة للخلطة الأسفلتية واعتماد الخلطة التصميمية وألّا يتم الاكتفاء بفحص العينات في الحقل العملي للمشروع والتأكد من صلاحيتها.

2-2-2 التعاون مع المهندس المشرف

يجب على مراقب الطرق التعاون والتنسيق التام مع المهندس المشرف، والالتزام بتعليماته خلال جميع مراحل المشروع، وإبلاغ المهندس المشرف أولاً بأول عن وجود أي خلل إن وجد. كما يجب عليه تسجيل أهم الأحداث التي تقع بالموقع يومياً وخصوصاً في حالة عدم وجود المهندس المشرف في هذه الأوقات، وإبلاغ المهندس المشرف بها أولاً بأول.

3-2-2 مراقبة المواد والأعمال التي يجري تنفيذها في الموقع، والتأكد من مطابقتها للمواصفات

- يعتبر هذا الإجراء من أهم واجبات جهاز الإشراف الميداني خلال سير العمل بالمشروع في جميع مراحله المختلفة. يجب على المراقب الفني عمل حصر للتوريدات اليومية من مواد الردم ومواد الطبقة التأسيسية ومواد الطبقات اللاصقة والخلطات الأسفلتية حسب برنامج العمل.
- وفي مشاريع التحسين يتم توريد أعمدة الإنارة والعلامات المرورية والإرشادية والدهانات الخاصة بعلامات الطريق، والعلامات الأرضية من السيراميك والبردورات وحواجز امتصاص الصدمات إن وجدت إلى غير ذلك من المواد التي يجب حصرها ومعرفة عددها وكميتها وتدوينها في دفتر خاص بذلك. كذلك يتم التأكد من تشوينها بالطريقة الصحيحة والمناسبة، وإخطار المهندس بهذه التوريدات والتقيد بتعليماته بهذا الخصوص.

4-2-2 توجيه العاملين من قبل المقاول خلال مراحل التنفيذ المختلفة

يقوم المراقب بتوجيه العاملين من قبل المقاول وإعطائهم المشورة التي تساعدهم على إنجاز أعمالهم بالمستوى المطلوب وفي الموعد المحدد، وإخطار المهندس المشرف بالمخالفات المطلوب إزالتها أولاً بأول حتى لا يترتب عليها أي أضرار.

5-2-2 حصر الأعمال المنفذة يومياً

يقوم المراقب بحصر الأعمال التي يتم تنفيذها والمطابقة للشروط والمواصفات، وتقديم بيان الحصر إلى المهندس المشرف لمراجعته وتدوينه في دفتر الحصر.

6-2-2 حصر الإحضارات (التوريدات) اليومية للموقع

يقوم المراقب بحصر الإحضارات اليومية الموردة للموقع، وتقديم بيان بها للمهندس المشرف حتى يقوم بمقارنتها بالمواصفات وبالعينات المعتمدة.

7-2-2 التحقق من سلامة تخزين المواد الموردة

يقوم المراقب بمعاونة المهندس المشرف بمعاينة الموقع المخصص لتشوين المواد اللازمة للمشروع ومدى ملاءمته لحفظ المواد بطريقة سليمة وطبقاً للأصول الفنية والشروط، وجعلها صالحة للاستعمال على الدوام، وبما لا يتسبب في تلفها أو إصابتها بأي ضرر. وفي حالة عدم ملاءمة الموقع للإحضارات يتم إبلاغ المهندس المشرف بذلك.

8-2-2 معاونة المهندس المشرف في مراقبة معدات المقاول

يقوم المقاول بإعداد بيان دوري (يومي/أسبوعي/شهري) بمختلف أنواع المعدات والآليات وحالتها التي يستخدمها المقاول في تنفيذ المشروع، وتقديم هذا البيان للمهندس المشرف والمراقب الفني لكي يتم فحصها على الطبيعة وحتى يتسنى له طلب زيادة المعدات أو استبدالها إذا رأى أنها تعمل بمعدلات ضعيفة أوغير صالحة للعمل والتأكد من اشتراطات الملاءمة بالمعدات العاملة بالموقع حيث يفترض أن تكون جميع المعدات العاملة بالموقع توجد بها وسائل السلامة العامة (العواكس الضوئية، الفنار، لوحات تحذيرية...).

9-2-2 إعداد التقارير اليومية

يقوم المراقب بتعبئة نموذج التقرير اليومي وتقديمه للمهندس المشرف لمراجعته واعتماده مع ذكر جميع الملاحظات والمخالفات الموجودة بالمشروع.

2-2-10أخذ العينات وإجراء الاختبارات عليها

يقوم المراقب الفني بأخذ تعليمات المهندس المشرف على تحديد أنواع الاختبارات المطلوبة وعددها وأماكنها، وطريقة أخذ العينات وخطوات الاختبار، وضرورة تواجدهم أثناء أخذ العينات وأثناء إجراء الاختبارات عليها.

تهدف عملية مراقبة الجودة إلى ضمان الامتثال الكامل لمتطلبات العقد. ويتحقق ذلك من خلال سلسلة من المراجعات المنتظمة، وعمليات المعاينة، والاختبارات على الأشغال والموارد ومعدات المصنع (سواء كانت آلات أو أجهزة أو ما شابه وتشكّل جزءاً من الأشغال الدائمة)، والمواد. يتفقد المهندس المشرف بمعاونة مراقب الطرق أعمال المقاول ويراقب الاختبارات وأخذ العيّنات، على أن تجرى الفحوصات المخبرية لمواد الإنشاء من قبل شركة مؤهلة خاصة بالاختبارات. على المهندس المشرف بمعاونة مراقب الطرق التحقق من أن العمل المنجز والمواد التي تمّ وضعها متوافقة مع وثائق العقد. ويشمل ذلك ما يلي:

- القيام بمراقبة دورية لمختبر المقاول أو المقاول من الباطن لضمان إجراء الاختبارات بشكل صحيح والتدقيق في امتثال النتائج.
- رصد أخذ عيّنات من مواد الإنشاء وعيّنات التربة في الميدان من قبل المقاول للفحص لضمان الامتثال لإجراءات الاختبار وللتحقق من الالتزام بالجودة المنصوص عليها في العقد.
- الكشف على إجراء اختبارات ميدانية على مواد الإنشاء.
- الكشف على الاختبارات المتعلقة بالأعمال والمواد.
- مراجعة كافة نتائج اختبار المواد بغية ضمان الامتثال للمواصفات والتوصيات.
- مراجعة نتائج الاختبارات المخبرية المستقلة التي يقدمها المقاول.
- التحقق من الشهادات والعينات الأساسية للمقاول.
- القيام بفحص المواد وبالكشف على المعدات الخاصة التي تم تسليمها من قبل المقاول ومواد الإنشاء المصنّعة.

يقوم مراقب الطرق بإخطارالمهندس المشرف عندما لا تتطابق المواد والعمل المنجز مع المواصفات.

2-2-11 مراقبة الأعمال التي يجري تنفيذها بالموقع

إن الغرض الأساسي من عمليات الكشف المنتظمة للعمل الميداني هو التحقق من الامتثال لشروط العقد. بالإضافة إلى ذلك، فإن عملية المعاينة تسمح بالقيام بإجراءات تصحيحية فورية في حال اكتشاف مواد غير مقبولة أو عيب في الإنشاء.

ويعتبر هذا من أهم واجبات المراقب خلال سير العمل بالمشروع في مراحله المختلفة للحصول على مستوى الجودة المطلوبة، والتأكد من مطابقة جميع الأعمال للمواصفات والمخططات التنفيذية وتعليمات المهندس المشرف، ويتبع في ذلك الإجراءات التالية:

- معاينة الأعمال الموقعية والتأكد من الامتثال ومطابقتها للمخططات والمواصفات الفنية بالعقد ومعاينة الاختبارات اللازمة وتقييم نتائجها وإصدار التعليمات للمقاول بما يلزم على ضوئها.
- متابعة وسائل/إجراءات ضبط الجودة المعتمدة من قبل المقاول خلال أداء المهام المختلفة والتأكد من التزامه بما جاء فيها.
- رصد إجراءات مراقبة الجودة التي يتبعها المقاول في عمليات الكشف وكذلك فحص المواد والمعدات من قبل المقاول.
- التأكد من مراعاة المقاول للتعليمات الضرورية للحفاظ على البيئة الصادرة من الجهات الحكومية المعنية بذلك.
- معاينة تقدّم الأعمال.
- الاحتفاظ بسجلات خاصة بالموقع.

- إجـراء المعاينـة الظاهريـة لجميـع المـواد والأدوات والأجهـزة قبـل اسـتخدامها في المـشروع، وإجـراء الاختبـارات الميدانيـة والمخبريـة عـلى مـا يلـزم منهـا.
- إجـراء المعاينـات والاختبـارات وقـت التنفيـذ أو بعـده مثـل: ضبـط أعـمال القطـع الصخـري ومناسـيبه، ونسـب مكونات الأسـفلت، وتـدرج الخلطـة ونسـبة الثبـات، وقـوة الدمـك والسـمك إلـخ ...
- تدوين نتائج المشاهدات والفحوص والاختبارات بسجل منظم يسهل الرجوع إلى مفرداته.
- نسب مكونات الخرسانة وقوام الخلطة الخرسانية وقوة التحمل بعد 7 أيام و 28 يوم.
- رفض جميع الأعمال المنفذة المخالفة للمواصفات والمخططات، وعمل تقرير بها للمهندس المشرف.

2-2-12 مراجعة تقديمات المقاول

- تقديم توصيات إلى المهندس المشرف حول طبيعة المرافق المؤقتة التي يجب أن يوفرها المقاول.
- معاونة المهندس المشرف في مراجعة بيان طريقة تنفيذ الأعمال من المقاول.
- معاونـة المهنـدس المـشرف في مراجعـة المسـتندات المقدمـة مـن المقـاول مثـل المخططـات التنفيذيـة وعينـات المـواد والكتالوجـات وغيرهـا للتأكـد مـن مطابقتهـا لنصـوص العقـد والتزامـات المقـاول.
- معاونـة المهنـدس المـشرف في مراجعـة مخططـات التنفيـذ عـلى الطبيعـة المقدمـة مـن المقـاول والتـي تحـوي الوضـع النهـائي المنفـذ.
- معاونـة المهنـدس المـشرف في مراجعـة الإجـراءات المعتمـدة لضـمان الجـودة ومدى اسـتجابة المقـاول لتطبيـق الاجراءات وتقديـم التوصيـة بشـأن أي تحسـينات في حـال عـدم المطابقـة للمواصفـات المحددة.
- ابـلاغ المهنـدس المـشرف في حـال عـدم توفـر بعـض المـواد المطلوبـة للعمـل أو صعوبـة الحصـول عليهـا وتوريدهـا للموقـع وتقاعـس المقـاول عـن القيـام بمهامـه التعاقديـة.

2-2-13 الفحص والمعاينة والإعداد للاستلام الابتدائي والاستلام النهائي

أ. في مرحلة الاستلام الابتدائي:

- الوجـود أثنـاء الاختبـار والتشـغيل التجريبـي للمعـدات وفحـص التقاريـر النهائيـة وضـمان التحقـق والتثبـت مـن اسـتكمال كافـة العمليـات والإجـراءات التشـغيلية.
- المشـاركة في إعـداد قوائـم تحـوي الأعـمال الناقصـة أو المعيبـة المطلـوب إصلاحهـا في خـلال فـترة الصيانـة والاشـتراك في اللجـان المختصـة مـن قبـل الـوزارة في اسـتلام المـشروع.
- إبلاغ المهندس المشرف عن إنجاز الأعمال بشكل أساسي من قبل المقاول.

ب. في مرحلة الاستلام النهائي:

- الاشتراك مع صاحب العمل في لجنة الاستلام النهائي للمشروع.
- التفتيش والتثبّت من إنجاز الأعمال المتبقية وتصحيح العيوب بشكل مقبول من قبل المقاول.
- تقديم تقرير المعاينة للمهندس المشرف يحتوي على تقييم للأعمال المنجزة.

14-2-2 اجتماعات الموقع وحفظ السجلات

- المشاركة في اجتماعات الموقع الدورية في وجود كافة الأطراف المعنية، لرصد الأداء وتقدم الأعمال ومناقشة المشاكل ومسائل التنسيق التي تعترض العمل.
- الاحتفاظ بسجل يومي لتقدم الأعمال في الموقع، يشمل الظروف الجوية، والعمل المنجز، والموارد والمعاينة، ونتائج الاختبارات والرسائل المتبادلة، والتعليمات الصادرة، ومعلومات عن حضور جهاز المقاول الفني والعمالة المتواجدة والمعدات المستخدمة بالموقع.

15-2-2 السلامة والأمن

يقوم مراقب الطرق بالتحقق من تركيب مرافق الموقع في مكانها وصيانتها، وكفاية أماكن التخزين وذلك ضمن قوانين السلامة والأمن المعتمدة لدى الجهات المسؤولة وضمان أنّ موقع المرافق المؤقتة لن تؤثر على استمرارية العمليات والتنسيق مع المقاول فيما يخص مسائل أمن الموقع وإجراءات السلامة، والتأكد من أنّ المقاول يطبق ويلتزم بسياسات، وإجراءات الأمن والسلامة، والترتيب مع الجهات المختصة للاستجابة العاجلة لحالات الطوارئ.

3-2 مراقبة تنفيذ أعمال الطرق

1-3-2 مقدمة

1. على المراقب الفني أن يكون ملماً بالمواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية الصادرة عن وزارة الشؤون البلدية والقروية، وأن يكون مطلعا بالتحديثات المتواصلة عليها.
2. كل القيم أو الحدود الواردة فى الاختبارات فى الفقرات التالية بهذا الدليل استرشادية فقط وغير ملزمة، وأى تعارض بينها وبين المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية أو المواصفات الخاصة بالمشروع يتم التجاوز فورا عن القيم الواردة بالدليل وتبني القيم الواردة بالمواصفات.

2-3-2 مراقبة تنفيذ الأعمال الترابية

1-2-3-2 مراقبة تنفيذ أعمال القطع

1. يجب التأكد من قيام المقاول بأعمال الاستكشاف والمسح وتقديم تقرير مفصل بها وفقاً لما ورد في المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية، ولا يتم السماح للمقاول مباشرة أعمال التنظيف والإزالة إلا بعد موافقة المهندس المشرف على التقرير وعلى خطة العمل والبرنامج الزمني وخطة الجودة والأمن والسلامة.
2. التحقق من تنظيف مناطق الإنشاء (الطرق) من المخلفات والأعشاب والأشجار وأي مواد لا تحتاج إليها عملية الإنشاء.
3. معاونة المهندس المشرف في معاينة ناتج القطع، فإن كانت التربة صالحة للردم طبقاً للمواصفات فتستعمل في الردم، وإن كانت التربة ناتج القطع غير صالحة للردم فإما أن تحسن خواصها وتستعمل في الردم بعد التحسين بعد الموافقة النهائية على نتائج الإختبارات التي يجب إجراؤها على عينات المواد الموردة فعليا إلى موقع العمل، أو يعطى الإذن للمقاول لنقلها خارج الموقع لعدم صلاحيتها للردم.
4. مراقبة نقل المقاول ناتج القطع الزائد أو غير الصالح للردم إلى خارج الموقع.
5. عند الوصول بالقطع إلى المناسيب المطلوبة يتم التحقق من صلاحية التربة الأصلية كطبقة قاعدة (Subgrade) وذلك بإجراء الاختبارات التالية:
   - التدرج (التحليل المنخلي)
   - حدود أتربرج (حد السيولة - حد اللدونة - معامل اللدونة)
   - نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)

- في حالة صلاحيتها تترك حتى يتم تجهيزها كطبقة قاعدة (Subgrade). وفي حالة عدم صلاحيتها فإما أن تحسن خواصها أو تستبدل بتربة أخرى صالحة.
- يتم إجراء تجربة بروكتور على مواد طبقة القاعدة لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة الأمثل حيث يتم التنسيب إلى هذه القيم في اختبار الكثافة الحقلية.
- يقوم المساح بالتحقق من مناسيب طبقة القاعدة.
- التحقق من استواء سطح طبقة القاعدة.
- التحقق من نسبة الدمك ومحتوى الرطوبة لطبقة القاعدة في الموقع بإجراء اختبار الكثافة الحقلية (Field Density) وتنسيبها إلى أقصى كثافة جافة حسب تجربة بروكتور على نفس المواد.

2-3-2-2 مراقبة أعمال الردم

يتم دمك طبقات الردم العليا الواقعة ضمن أساس الطريق أسفل طبقات القاعدة على طبقات سمكها 20 سم وسمك طبقات الردم العليا يتراوح ما بين 30 سم حتى 60 سم حسب فئة الطريق والمخططات والمواصفات أما للطبقات الواقعة أخفض من منسوب طبقات الردم العليا فيتم دمكها على طبقات سمكها 30 سم، كما لا يسمح باستعمال الأحجار ذات الأحجام التي تزيد عن نصف سمك طبقة الردم. ويتم تنفيذ الردم طبقا للمخططات وفي بعض الحالات التي يكون فيها منسوب المياه السطحية مرتفعاً، بحيث تهدد طبقة القاعدة فإنه بتعليمات من المهندس المشرف يتم تنفيذ الحفر إلى عمق مناسب وإزالة المواد المشبعة بالمياه واستبدالها بمواد زلطية متدرجة منفذة للمياه بتدرج خاص يتراوح بين (3/8–2.5) بوصة على طبقات لا تزيد سماكتها عن 25سم، وتدمك بشكل مناسب، كما يجب الاهتمام بالنقاط التالية:

1. التحقق من تنظيف مناطق الإنشاء (الطرق) من المخلفات والأعشاب والأشجار وأي مواد أخرى لا تحتاج إليها عملية الإنشاء.
2. التحقق من تصنيف التربة طبقاً للمواصفات.
3. التحقق من متطلبات إعداد السطح طبقاً للمذكور بالمواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية.
4. في حالة عدم صلاحية المواد أو في حالة عدم كفاية ناتج الحفر يقوم المقاول بتوريد تربة صالحة للردم بإذن من المهندس المشرف.
5. يتم إجراء تجربة بروكتور على مواد الردم الصالحة لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة الأمثل.
6. التحقق من الردم على طبقات حسب المواصفات.
7. لا يسمح بإضافة طبقة لاحقة إلا بعد التأكد من الطبقة السابقة لها وذلك بإجراء التجارب اللازمة عليها.
8. يقوم المساح بالتحقق من مناسيب كل طبقة مساحياً.
9. التحقق من نسبة الدمك ومحتوى الرطوبة بإجراء اختبار الكثافة الحقلية وتنسيبها إلى أقصى كثافة جافة حسب تجربة بروكتور.

2-3-3 مراقبة تنفيذ أعمال طبقة القاعدة

1. معاونة المهندس المشرف بالتحقق من وصول الحفر إلى المناسيب المطلوبة وتحديد إذا كانت التربة الأصلية تصلح لتكون طبقة القاعدة (Subgrade Layer).
2. إذا كانت التربة الطبيعية لا تصلح أن تكون طبقة القاعدة (Subgrade Layer) يتم استكمال الحفر ويتم استبدال الحفر بردم مناسب طبقاً للمواصفات.

3. عند الوصول للمناسيب المطلوبة يتم إجراء الاختبارات التالية:
   أ. التحقق من تصنيف تربة التأسيس طبقاً للمواصفات (تصنيف التربة).
   ب. التحقق من نسبة المواد العضوية.
   ج. حدود أتربرج (حد السيولة - حد اللدونة - معامل اللدونة).
   د. نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).
   ه. يتم إجراء تجربة بروكتور على طبقة القاعدة لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة الأمثل حيث يتم التنسيب إلى هذه القيم في اختبار الكثافة الحقلية بالتحقق من نسبة الدمك ومحتوى الرطوبة لطبقة القاعدة.
   و. يقوم المساح بالتحقق من مناسيب واستواء طبقة القاعدة.

4-3-2 أعمال طبقة ما تحت الأساس الحصوي (الركامي)(Aggregate Subbase) وطبقة الأساس الحصوي (الركامي)(Aggregate Base Course)

1. يتم إجراء الاختبارات التالية على العينات المقدمة:
   - التدرج (التحليل المنخلي) لمعرفة تصنيف التربة.
   - حدود أتربرج (حد السيولة – حد اللدونة – معامل اللدونة).
   - مقاومة التآكل (البري) بجهاز لوس أنجلوس.
   - المكافئ الرملي.
   - نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).
   - فحص الصلابة (كبريتات الماغنسيوم / الصوديوم).
   - تجربة بروكتور على المواد لتحديد أقصى كثافة جافة ومحتوى الرطوبة الأمثل.
2. التحقق من مطابقة مواد طبقة ما تحت الأساس الموردة للعينات السابق الموافقة عليها.
3. التحقق من عملية فرش الطبقة ورشها بالمياه والخلط والتقليب.
4. يقوم المساح بالتحقق من الطبقة مساحياً (خط المحور + المنسوب).
5. التحقق من استواء سطح الطبقة في الاتجاهين الطولي والعرضي.
6. التحقق من نسبة الدمك ومحتوى الرطوبة بإجراء اختبار الكثافة الحقلي.

5-3-2 أعمال طبقة التشريب الأسفلتية ((MC1 بين طبقة الأساس الحصوي والطبقة الأسفلتية

يتم رش طبقة تشريب بيتومينية (MC1) بمعدل (-0.65 1.75) لتر/م2 مع توجيه العناية بالنقاط التالية:

1. التأكد التام من نظافة وتماسك تربة السطح لطبقة ما تحت الأساس أو الأساس الحصوي.
2. التأكد التام من جاهزية سطح طبقة ما تحت الأساس أو الأساس الحصوي.
3. التأكد من درجة حرارة المادة الأسفلتية السائلة قبل الرش حسب المواصفات.
4. التحقق من انتظام الرش طبقاً للمعدل المطلوب.
5. عدم الرش أثناء الأمطار.
6. التحقق من عدم زيادة نسبة الرش عن المطلوب، وفي حالة وجود أماكن بها زيادة يتم معالجتها قبل فرش المخلوط الأسفلتي، وذلك بوضع كمية من الرمل عليها وتقليبها لأخذ الأسفلت الزائد ثم رفعها بعيداً عن الطريق.
7. يفضل منع المرور فوق الطبقة فترة لا تقل عن 48 ساعة ولا توضع أي طبقات أسفلت إلا عند سماح المهندس المشرف بذلك،

وبعد هذه المدة يجب مداومة صيانة الطبقة لحين وضع طبقة الأسفلت بحيث لا تزيد هذه المدة عن 72 ساعة.

6-3-2 أعمال طبقة الأساس الأسفلتي (Asphalt Base Course)

1. مراقبة الاختبارات على الركام في الخلاطة للتأكد من إجازتها من قبل المهندس وهي كالتالي:
   - التدرج (التحليل المنخلي).
   - معامل اللدونة للمواد الناعمة.
   - المكافئ الرملي.
   - مقاومة التآكل.
   - فحص الصلابة (Soundness) (كبريتات الماغنسيوم/ الصوديوم).
2. مراقبة تجربة مارشال على الخلطة الأسفلتية والتحقق من:
   - التدرج (التحليل المنخلي).
   - نسبة الأسفلت.
   - الثبات.
   - التدفق.
   - نسبة الفراغات الهوائية والفراغات المملوءة.
3. التأكد من جفاف طبقة التشريب البيتوميني.
4. التأكد من تنظيف سطح الطبقة اللاصقة (MC1) باستعمال ضواغط الهواء.
5. التأكد من درجة حرارة المخلوط الأسفلتي (139 °م – 163 °م) ولونها ولون الأبخرة المتصاعدة، فاللون الأزرق للخلطة يعني زيادة تسخين الخلطة، وكذلك لو أن لون الأبخرة المتصاعدة مائل للحمرة يعني تجاوز الخلطة للحرارة المطلوبة واحتراقها.
6. التأكد من عملية خلط الأسفلت وتجانسه قبل الفرش، وملاحظة وجود زيادة أو نقص نسبة الأسفلت، فمثلاً تأخذ الخلطات في السيارة القلاب شكلاً هرمياً، ففي حالة زيادة الأسفلت يظهر سطح الأسفلت مستوياً أو قريباً من الاستواء، كما يمكن اكتشاف نقص نسب الأسفلت بسهولة، وذلك من خلال مظهر الخلطة الخشن وعدم انتظام تغطية المواد الصلبة واختفاء اللمعان منها.
7. أخذ عينات بصفة دورية من الخلطة خلف الفرادة لإجراء اختبار الاستخلاص لمعرفة (التدرج – نسبة الأسفلت – التدفق – نسبة الفراغات الهوائية والمملوءة) والتحقق من مطابقة نتائج الاختبارات للمواصفات.
8. مراقبة عملية فرش الخلطة الأسفلتية.
9. التأكد من أن الفواصل الإنشائية عمودية على سطح الطريق وبكامل عمق الطبقة.
10. التأكد من رش الفواصل الإنشائية بطبقة لصق (R C2) قبل فرش الخلطة الجديدة.
11. في حالة فرش المخلوط الأسفلتي في أكثر من طبقة فلا يتم الإذن بفرش الطبقة اللاحقة إلا بعد إتمام دمك وبرودة الطبقة السابقة.
12. عدم فرش المخلوط الأسفلتي أثناء الأمطار وأثناء تطاير التربة بفعل العواصف الرملية.
13. مراقبة عملية الدمك بالمداحل الحديدية والمطاطية، والتأكد من سرعة المدحلة وعدم تجاوزها للمواصفات، والتأكد من المعدات والآليات ومدى ملاءمتها، وترتيب دخولها على الطبقة.
14. التحقق من نسبة الدمك وسمك الطبقة بإجراء اختبار القلب الأسفلتي (Asphalt Core test) طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.
15. يقوم المساح بمراجعة واستلام المناسيب واستواء السطح بعد الدمك.

2-3-7 طبقة اللصق الأسفلتية (RC2) (بين الطبقات الأسفلتية)

1. التأكد من نظافة سطح الطبقة الأسفلتية الأساسية.
2. التأكد من درجة حرارة المادة الأسفلتية السائلة قبل الرش حسب تعليمات المهندس المشرف.
3. التأكد من انتظام الرش طبقاً للمعدل المطلوب على ألا يزيد عن 0.25لتر/م2 أو حسب تعليمات المهندس المشرف.
4. في حالة وجود أماكن بها زيادة عن معدل الرش المطلوب فيتم معالجتها قبل الفرش، وذلك بوضع كمية من الرمل عليها وتقليبها لأخذ الأسفلت الزائد، ثم رفعها بعيداً عن الطريق.
5. لا يتم الرش أثناء الأمطار.

2-3-8 طبقة الرصف السطحية (Wearing Course)

1. اعتماد المواد الصلبة (الحصوية والرمل والبودرة) وذلك بمراقبة إجراء الاختبارات التالية:
   - التدرج (التحليل المنخلي).
   - معامل اللدونة.
   - مقاومة التآكل (البري) بواسطة جهاز لوس أنجلوس.
   - المكافئ الرملي.
   - فحص الصلابة بمحلول كبريتات الماغنسيوم / الصوديوم.
2. مراقبة تجربة مارشال على الخلطة الأسفلتية والتحقق من:
   - التدرج (التحليل المنخلي).
   - نسبة الأسفلت.
   - الثبات.
   - التدفق.
   - نسبة الفراغات.
3. التأكد من درجة حرارة المخلوط الأسفلتي (139 °م – 163 °م).
4. التأكد من عملية خلط الأسفلت وتجانسه قبل الفرش.
5. أخذ عينات بصفة دورية من الخلطة الأسفلتية خلف الفرادة لإجراء اختبار الاستخلاص وعرض النتائج على المهندس المشرف.
6. مراقبة عملية فرش الخلطة الأسفلتية والتأكد من سمك الطبقة بزيادته إلى نحو (15–20 %) قبل الدمك.
7. التأكد من أن الفواصل الإنشائية عمودية على سطح الطريق وبكامل عمق الطبقة.
8. التأكد من رش الفواصل الإنشائية بطبقة لاصقة (R C2) قبل فرش الخلطة الجديدة.
9. عدم فرش المخلوط الأسفلتي أثناء الأمطار.
10. مراقبة عملية الدمك بالمداحل الحديدية والمطاطية، والتأكد من المعدات والآليات ومدى ملاءمتها، وترتيب دخولها على الطبقة.
11. التحقق من نسبة الدمك وسمك الطبقة بأخذ عينات أسطوانية (Asphalt Core Test) طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.
12. يقوم المساح بمراجعة واستلام المناسيب واستواء السطح طولياً وعرضياً بعد الدمك.
13. التأكد من عدم تجاوز سماكة الطبقة 5سم بعد الدمك.

2-3-9 أعمال البردورات الخرسانية (الأسمنتية)

1. يقوم المهندس المشرف باعتماد عينات البردورات من حيث الشكل والمقاس طبقاً للمواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية الصادرة عن وزارة الشؤون البلدية والقروية.

2. التحقق من منسوب ودرجة الدمك لطبقة القاعدة الترابية أسفل البردورات.
3. مراقبة صب الخرسانة العادية أسفل البردورات والتحقق من دمكها.
4. يجب ألا تتعدي درجة حرارة الخرسانة المصبوبة 30 °م والمقاس الاعتباري للركام 37.5 مم.
5. محتوي الهواء يكون بين 5-7 % حسب حجم الخرسانة.
6. يجب ألا تقل مقاومة الضغط للخرسانة عن MPa 24 عند 28 يوم.
7. التأكد من معالجة الخرسانة العادية بعد الصب إما بالمياه أو كيميائياً حسب المواصفات.
8. التأكد من مطابقة البردورات الموردة للعينات المعتمدة قبل التركيب.
9. التحقق من صلاحية المونة اللاصقة بين البردورات من حيث المكونات ونسب الخلط والقوام طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.
10. مراقبة أعمال تركيب البردورات والتحقق من المناسيب / استواء السطح / استقامة الخطوط / انتظام المنحنيات / الفواصل.
11. التأكد من أبعاد القاعدة الخرسانية للبردورات، وأبعاد الحبسة الخرسانية خلفها.
12. المحافظة على الرطوبة بعد التركيب بالرش بالمياه لمدة لا تقل عن سبعة أيام، أوحسب المدة المحددة بالشروط الخاصة.
13. مراقبة إعادة ردم المساحات خلف البردورات بمواد معتمدة وطبقاً لتعليمات المهندس المشرف.

2-3-10بلاط الأرصفة

1. يقوم المهندس المشرف باعتماد عينات البلاط من حيث الشكل والمقاس واللون طبقاً للمخططات والمواصفات.
2. يتم عمل الاختبارات التالية: -
   - مقاومة الكسر.
   - مقاومة البري (التآكل).
3. التحقق من منسوب ودرجة الدمك لطبقة القاعدة الترابية أسفل البلاط.
4. مراقبة إنشاء طبقات الأساس أو تحت الأساس الحصوي (الركامي) أسفل البلاط والتحقق من دمكها.
5. التأكد من مطابقة البلاط المورد للعينات المعتمدة قبل التركيب.
6. التأكد من صلاحية المونة الأسمنتية اللاصقة بين البلاط من حيث المكونات ونسب الخلط والقوام طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.
7. مراقبة أعمال تركيب البلاط، والتحقق من المناسيب – انتظام واستقامة عروض الفواصل (الخطوط) - استواء السطح وتنفيذ طبقة الخرسانة العادية أسفل البلاط (حسب المخططات).
8. مراقبة أعمال الترويب وملء الفواصل.
9. المحافظة على الرطوبة بعد التركيب بالرش بالمياه لمدة لا تقل عن سبعة أيام أو حسب تعليمات المهندس المشرف.

2-3-11 التكسيات الحجرية أو الخرسانية

1. التحقق من تجهيز الميول الترابية طبقاً للمخططات.
2. مراقبة توريد الأحجار وفحصها بعد التوريد من حيث الحجم والجودة طبقا للمواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية الصادرة عن وزارة الشؤون البلدية والقروية، وتكون مطابقة للعينات المعتمدة.
3. مراقبة تركيب الأحجار والتأكد من وضع المونة وضبط سماكة التكسية.
4. يتم قطع المساحات الموضحة لتتوافق مع المقاطع والخطوط والدرجات الموضحة بحيث لا يزيد التفاوت المسموح به عن 30 مم.
5. يتم وضع الاحجار كتكسيات حجرية علي طبقة القاعدة الترابية للحصول علي كتلة متدرجة بأقل نسبة فراغات ممكنة بحيث تكون متوافقة مع الخطوط والدرجات الموضحة.
6. مراقبة صب الخرسانة في التكسيات الخرسانية طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.

7. التأكد من عمل الفواصل الإنشائية في التكسيات الخرسانية.
8. التحقق من أعمال المعالجة للتكسيات برشها بالماء يومياً لمدة سبعة أيـام أو طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.

2-3-12 تعديل مناسيب غرف التفتيش والبيارات

2-3-12-1 غرف التفتيش

1. مراقبة إزالة الغطاء والإطار لكل غرفة.
2. التحقق من خفض أو رفع المنسوب طبقاً للمخططات وتعليمات المهندس المشرف.
3. مراقبة أعمال إعادة تركيب الإطار وتثبيته جيداً، وعمل اللياسة وتركيب الغطاء.
4. التحقق من إعادة الوضع إلى ما كان عليه قبل تعديل المناسيب المقترح والتأكد من عدم وجود أي مخلفات ناتجة عن ذلك التعديل تتبقى بموقع العمل.

2-3-12-2 البيارات

1. مراقبة أعمال تكسير وإزالة ونقل المخلفات وأي حفريات يتطلبها العمل، وإلزام المقاول بالتقيد باشتراطات الأمن والسلامة، وعدم إلحاق أي ضرر بالأشخاص أو الممتلكات.
2. التحقق من القيام بجميع الأعمال طبقا للمخططات والمواصفات وتعليمات المهندس المشرف.
3. التحقق من تعديل منسوب الجدران وربط سقف البيارة والمباني.
4. التحقق من مناسيب مواسير التغذية والصرف واللحامات.
5. التحقق من نظافة البيارات من المخلفات بعد إنهاء العمل.
6. مراقبة أعمال إعادة تركيب الإطارات وتثبيتها جيداً، وعمل اللياسة وتركيب الأغطية.
7. التحقق من إعادة الوضع إلى ما كان عليه قبل تعديل المناسيب المقترح والتأكد من عدم وجود أي مخلفات ناتجة عن ذلك التعديل تتبقى بموقع العمل.

2-3-13 البيارات وغرف التفتيش الجديدة

1. التحقق من مواقع البيارات وغرف التفتيش طبقاً للمخططات والأعمال المساحية المصاحبة.
2. التحقق من مناسيب الحفر ومقاساته ونظافته وكذلك الميول اللازمة.
3. مراقبة المقاول أثناء صب الخرسانة العادية.
4. مراقبة عملية صب الخرسانة، ثم التأكد من أعمال معالجة الخرسانة طبقاً لتعليمات المهندس المشرف.
5. مراقبة أعمال المباني للبيارات طبقاً للمخططات والمواصفات.
6. التحقق من مناسيب التغذية والصرف وأعمال تشكيل ميول القاع (إن وجدت – حسب التصميم) وأعمال تركيب وتثبيت إطارات وأغطية البيارات.
7. مراقبة بناء غرف التفتيش والتحقق من مقاساتها ومناسيبها.
8. مراقبة أعمال تركيب وتثبيت إطارات غرف التفتيش.
9. مراقبة أعمال الردم حول البيارات وغرف التفتيش ونقل وإزالة المخلفات وإعادة الوضع إلى ما كان عليه قبل الإنشاء.

2-3-14 مراقبة تنفيذ المنشآت الخرسانية

في بعض الحالات التي يحتاج العمل فيها إلى منشآت خرسانية مسلحة مثل العبارات الصندوقية يتم عمل الخلطة من الأسمنت والرمل والزلط (البحص) متدرجاً ومكسراً ومغسولاً لتعطي خلطة سليمة، ويجب على المراقب التدقيق في أن يكون الرمل المستعمل نظيفاً وخالياً من الطين والشوائب. وتخضع الخلطة من الخرسانة المستعملة للفحص المستمر، وأخذ عينة من كل خلاطة خرسانة أو حسب تعليمات المهندس المشرف، والتأكد من نوع الأسمنت (حسب المواصفات لكل مشروع) والتأكد من زمن

الخلط من خروج الخلاطة من المصنع وحتى وصولها الموقع وصبها وإجراء اختبار القوام (المخروط) على أن يكون مدى هبوط رأس المخروط يتراوح ما بين (5-8) سم، ومتابعة أخذ عينات اختبار الخرسانة (مكعبات أو أسطوانات) لإجراء اختبار الكسر عليها. كما يجب استعمال قوالب خاصة لإعطاء سطح خرساني أملس خـال من الخدوش في حالات العبارات والجدران الاستنادية الظاهرة.

وعلى المراقب الفنى إجراء بعض الاختبارات للتحقق من جودة التنفيذ كما يلي:

- مقاومة الضغط للخرسانة

هو متوسط اختبار عينتين من نفس رتبة الخرسانة (مكعبات أو أسطوانات). وتعتبر النتائج مرضية في حالة ما إذا كانت نتائج ثلاث مجموعات متساوية أو لا تقل عن المقاومة المطلوبة. وفي جميع الأحوال لا يقل متوسط أي مجموعة عن الحد الأدنى للمقاومة المطلوبة بأكثر من 4 MPa.

- محتوي الهواء

يتم عمل اختبارين لتحديد محتوي الهواء لكل 190 متراً مكعباً أو خلال كل وردية. يتم تحديد قابلية تشغيل لعينات عشوائية لكل رتبة خرسانة مصبوبة خلال المناوبة، كما يتم عمل اختبارات إضافية في حالة وجود اختلافات كبيرة بين نتائج الاختبارات ويجب أن يتخذ المراقب الفني الإجراءات المناسبة لتصحيح محتوى الهواء في المحطة.

- الهبوط

يتم عمل اختبارين لقياس الهبوط لكل 190 متر مكعب أو خلال كل فترة مناوبة فى العمل. يتم عمل اختبارات إضافية في حالة وجود اختلافات كبيرة في قابلية تشغيل الخرسانة.

2-3-15 مراقبة أعمال تمديد المواسير

بالنسبة لمواسير تصريف السيول يجب على المراقب الرجوع للمواصفات والمخططات ومن ثم التأكد من أقطار المواسير وأبعاد خندق الحفر (عمق وعرض وميول جانبية وطولية) وكذلك نظافتـه، وبعرض يزيد بمقدار 30 سم من كل جانب عن قطر الماسورة الخارجي (على الأقل)، وبعد تعديل وتسوية أرض الحفر تصب طبقة من الخرسانة العادية – حسب المواصفات – طبقا للمناسيب المقررة، ثم توضع المواسير فوقها بالشكل الصحيح وتربط ببعضها بالمونة عيار (1 أسمنت : 3 رمل) وبعد التأكد من تركيبها بالشكل السليم يوضع حولها وحتى منتصف الماسورة مواد بحص يعلوها رمل بارتفاع كما يرد بالمخططات التفصيلية أو حتى ارتفاع 10سم أعلى من سـطح الماسـورة الخارجي على الأقل، ويتم الردم فوقها حسب الأصول الفنية وحسب تعليمـات المهندس المشرف حتى الوصول إلى سطح طبقة القاعدة وإعادة الوضع إلى ما كان عليه حسب المواصفات والمخططات والمهندس المشرف. أما في حالة استعمال المواسير بغرض تخفيض منسوب المياه الجوفية، فيجب إتمام أعمال المراقبة طبقا لما يرد بمواصفات المشروع وتوصيات الجهات ذات العلاقة والمهندس المشرف.

2-3-16 العلامات الأرضية في الطرق

2-3-16-1 دهان العلامات على سطح الطريق

يعتمد طول عمر العلامات على سطح الطريق على تثبيتها بشكل صحيح. العوامل الرئيسية التي يمكن أن تؤثر على التثبيت الصحيح لعلامات الرصف هي:

1. درجات الحرارة - تعتبر درجات حرارة الجو المحيط ودرجات حرارة سطح الطريق والمواد المستعملة مهمة لأن معظم مواد وضع علامات الطريق تتطلب درجة حرارة دنيا لتحقيق التجفيف أو المعالجة المناسبة.
2. تنظيف سطح الطريق – يجب التأكد من نظافة السطح بالكامل قبل الدهان.
3. جفاف سطح الطريق – يجب إجراء اختبارات رطوبة للتأكد من جفاف السطح قبل الدهان.
4. سمك المواد - يجب قياس العلامات للتأكد من سماكتها المطلوبة.
5. التأكد من معدل وضع الحبيبات الزجاجية (glass beads application rate) وانتشارها الصحيح لتحقيق الانعكاسية المطلوبة (retro-reflectivity).
6. مراقبة أعمال الدهان حسب تعليمات المهندس المشرف.

2-16-3-2 تركيب العلامات الأرضية

أ. العلامات العاكسة (عيون القطط)

تستخدم عيون القطط في الطرق لتحديد المسارات وحدود الطرق، وإعطاء السائق وسيلة جيدة لمساعدته على الاحتفاظ بالحركة داخل مساره ليلاً حيث تعكس الضوء الصادر من السيارات خصوصاً في الطرق الخلوية غير المضاءة، ويعتمد المهندس المشرف العينات المقدمة ويقوم مراقب الطرق بعملية الإشراف على عملية التركيب والتأكد مما يلي:

1. طول الجزء الغاطس.
2. ميول الجزء العاكس.
3. عدد العدسات المطلوبة وتركيزها.
4. جودة المادة اللاصقة ومطابقتها للعينات المعتمدة.
5. إجراء الثقب في الأسفلت رأسياً لتركيب العلامة.

ب. العلامات الأرضية من الصيني (Ceramic Studs)

تستخدم في الطرق الحضرية حيث تعطي تحديداً لمسارات الطريق وحدوده لوضوحها على الطريق حيث إنه لا حاجة لعكسها الضوء بسبب أن معظم الطرق الحضرية مضاءة، ويقوم المراقب بالإشراف على عملية التركيب للتأكد من أبعاد العلامة، ودرجة استواء سطحها وسماكتها، ودرجة وجودة لمعانها والمادة اللاصقة، كل ذلك بالاستناد إلى المواصفات المتبعة.

4-2 حصر الكميات المنفذة

يجب أن يتم حصر كميات جميع الأعمال حسب ما هو منصوص بتعليمات العقد لطريقة القياس، وإن لم ينص صراحة على طريقة الحصر فيتم الالتزام بمواصفات وزارة الشؤون البلدية والقروية الخاصة بطرق الحصر.

يتم وضع بنود جميع الأعمال في جداول للكميات طبقاً للمنفذ فعلياً على الطبيعة، وأمام كل بند الوحدة والكمية.

يتم تحديث بشكل دوري الكميات بالاعتماد على القياسات الفعلية للأعمال/الكميات المنجزة والتحقق من بقاء الكميات والقيم المرتبطة بالعقد ضمن النطاق المنصوص عليه وإبلاغ المهندس المشرف بخصوص أي تغييرات محتملة.

5-2 إعداد التقارير

1-5-2 إعداد التقرير اليومي

1-1-5-2 أهدافه الرئيسية

- تسجيل حالات الطقس المختلفة.
- بيان عدد العمال ومهام كل فريق منهم.
- بيان عدد المهندسين والفنيين الموجدين من قبل المقاول.
- تسجيل الآلات والمعدات المهمة الصالحة للعمل.
- بيان المواد التي تم توريدها في ذلك اليوم ومدى مطابقتها للمواصفات وسلامة تخزينها.
- بيان الأعمال الجاري تنفيذها في ذلك اليوم.
- أية ملاحظات مهمة تخص تنفيذ المشروع.
- حصر أيام توقف المقاول عن العمل.
- معرفة ظروف الطقس مسبقاً تساعد على اتخاذ بعض الاحتياطات الضرورية (الجو الحار، الرياح، الأمطار إلخ ...).

- تجميع البيانات السابقة فترة من الزمن تساعد على معرفة مدى جدية المقاول في العمل لإنهاء المشروع.
- البيانات السابقة تفيد كثيراً في تقويم خسارة الجهة المالكة أو المقاول عند حدوث الاختلافات، والرغبة في تحديد الواقع الفعلي اليومي للمشروع، وحساب التكلفة اليومية للمعدات والعمال...إلخ.

2-5-1-2 تعبئة النموذج

تتم تعبئة النموذج رقم (2) الوارد في دليل الإشراف على تنفيذ مشاريع البلديات والموضح في الملحق من قبل أحد فنيي جهة الإشراف، ويوقع عليه أحد فنيي المقاول، ويعتمده المهندس المشرف أو المكتب الاستشاري.

2-5-1-3 صور التقرير

يحتفظ المهندس المشرف بأصل التقرير والمقاول بصورة منه.

2-5-2 إعداد التقرير الدوري

2-5-2-1 أهدافه الرئيسية

- بيان المعلومات المختصرة والمفيدة جداً التي تعطي المسؤول في الإدارة العليا فكرة موجزة عن سير المشروع، والصعوبات التي يواجهها وكيفية التغلب عليها.
- يساعد الإشراف المركزي على المتابعة الدورية للمشروع عن كثب، وعادة ما يرفق بهذا التقرير تقرير مفصل مدعم بالصور والمنحنيات والجداول لمساعدة المسؤولين في الجهاز المركزي على الرجوع إلى نقطة أو أخرى أو لإعداد دراسة معينة أو اتخاذ قرار بشأنها.
- يخدم الأغراض والأهداف المذكورة في التقرير اليومي بشكل مجمل.
- يخدم الأغراض الإحصائية لتقويم المشروعات والمقاولين.

2-5-2-2 محتويات التقرير الدوري

يحتوي التقرير الدوري على ما يلي:

تقدم الأعمال - حول الأعمال التي قام بها المقاول، وتسليط الضوء على المشاكل، والعوائق، والتوصيات. ويتضمن معلومات عن التقدم، والأداء، والقياسات، ومراقبة الجودة، والمواد، والتوريد، والموارد، والقوى العاملة، والأحوال المناخية.

الجزء الأول: الخطوط العريضة عن التقدم: وتشمل، ما لم ينص على خلاف ذلك:

- ملخص عن وضعية وطبيعة الأعمال المنجزة.
- تفاصيل عن أي تأخير في الأعمال، وسبب ذلك .
- أي مشكلة أخرى مرتبطة بالأعمال.
- الإشارة إلى أي تأخير محتمل.
- وضعية تأمين أهم المواد .
- وضعية التسليم والموافقة على المواد والرسوم الميدانية.

الجزء الثاني: الرقابة على الموارد

الجزء الثالث: الرقابة على الجودة، والسلامة، والظروف البيئية - وتتضمن موجزاً عن امتثال المقاولين بخطّة للجودة، وكذلك البيان السردي بالإحالة على نتائج الاختبارات.

الجزء الرابع: سجلات العقد - وتشمل السجلات التالية:

- سجل عن الأحوال الجوية.
- سجل عن عمال المقاولين والمعدات.
- سجل، حتى تاريخه، عن تسليم المواد والمعدات.
- سجل، حتى تاريخه، عن تسليم الرسوم الميدانية.
- اختبارات ميدانية وفي المختبر لمواد، ومنشآت، ومعدات قد تم اختبارها، مع نتائج الاختبارات.

الجزء الخامس: صور عن التقدم المنجز.

2-5-2-3 تعبئة النموذج

- تتم تعبئة نموذج رقم (5) الوارد في دليل الإشراف على تنفيذ مشاريع البلديات والموضح في الملحق من قبل المراقب تحت إشراف المهندس المشرف.
- يتم تعبئة النماذج بشكل دوري حسب الحاجة وكثافة العمل.
- يمكن إضافة صفحات أخرى للتقرير إذا لزم الأمر.
- يعبأ هذا النموذج ويوقع عليه المهندس المختص من قبل المقاول، ويعتمده مسؤول وحدة الاتصال أو الإشراف المركزي طبقاً للصلاحيات الممنوحة.

2-5-2-4 صور التقرير

يحتفظ كل من المقاول والاستشاري بصورة من التقرير، ويرسل الأصل للإشراف المركزي، كما يمكن إرسال صورة للحاسب الآلي لإدخال المعلومات تمهيداً لتقويمها.

الفصل الثالث
اختبارات مواد بناء الطرق

3- اختبارات مواد بناء الطرق

3-1 الخواص الهندسية للمواد

تعتبر جودة الخواص الهندسية لمواد إنشاء الطرق من أهم العوامل التي تؤثر على جودة الطرق، وللاحتفاظ بطرق ذات جودة عالية، وذلك بالإضافة للتنفيذ الجيد حسب المواصفات القياسية لطرق الإنشاء. وتقاس الخصائص الهندسية للمواد بواسطة أخذ عينات وعمل التجارب المخبرية اللازمة، وذلك للتحقق من جودتها ومواصفاتها الهندسية الفعلية ثم مقارنة نتائج الاختبارات بالمواصفات المطلوبة للتنفيذ، وذلك لقبول أو رفض تلك المواد. ومن أولويات المهندس التحقق من أن العينات والاختبارات تتوافق مع الطرق المعطاة في المواصفات، وأن المواد المستخدمة في العمل والموردة إلى الموقع تتوافق مع مواصفات العقد. وللتحكم في جودة المواد المستخدمة، تتبع إحدى الخطوات التالية:

1. يتم مراجعة المواد أو أخذ عينات وإجراء التجارب عليها في الموقع.
2. أخذ عينات في الموقع وإرسالها إلى معامل متخصصة.
3. أخذ العينات واختبارها في الموقع ولكن جزء من العينات يتم إرسالها إلى معامل مركزية متخصصة، وذلك للتأكد من أداء المعدات وخطوات الاختبارات في الموقع.
4. تقبل المواد على أساس ضمان أو شهادة من المورد. وعلى المهندس والمراقب في المشروع أن يكونا على دراية كافية بالطرق التي تستخدم للحكم على المواد والعينات الموردة للموقع، وذلك لضمان توافقها مع المتطلبات والمواصفات.
5. تقييم نتائج الإختبارات حسب المواصفات العامة لإنشاء الطرق و منشآت الطرق (الجزء الأول: المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية) و المواصفات الخاصة بالمشروع.

وأيضاً على المقاول والمراقب معرفة أين ومتى وكيف تؤخذ العينة، وما هي الاختبارات الواجب إجراؤها. كما أن المسؤولية الخاصة بالتأكد من كون المواد المستخدمة في عمليات الرصف تتوافق مع المواصفات القياسية تقع على عاتق المهندس، وفي حالة كون نتائج الاختبارات غير متوافقة مع المواصفات، يجب اتخاذ القرار باستبعاد أو إزالة الجزء المنفذ من هذه المواد واستبعاد المواد الموردة.

3-2 أنواع العينات

تم تقسيم العينات المأخوذة اعتماداً على المعلومة المطلوبة عن المواد إلى ما يلـي:

- عينات تأهيلية (Qualifying Samples)
- عينات ضبط الإنتـاج (Job Control Samples)
- عينات فصل (Split Samples)
- عينات التـأكد المخبرية (Laboratory Check Samples)
- عينات استبيانية (Information Samples)
- عينات القبول (Acceptance Samples)

3-2-1 عينات تأهيلية (Qualifying Samples)

العينات التأهيلية يتم أخذها واختبارها لتحديد جودة منتج معين أو مصدر عام، وذلك لتحديد قبول أو رفض الأسفلت أو أي مواد متعلقة بأعمال السفلتة مثل مقارنة التفتت والتحليل المنخلي للركام.

3-2-2 عينات ضبط الإنتاج (Job Control Samples)

يتم اختبار ضبط الإنتاج في الموقع أو في مكان الإنتاج لغرض ضبط الجودة لكل المواد المستخدمة في الإنشاء. ويتم أخذ العينات في الأماكن التي تتطلب فيها المواد تحقيق مواصفات معينة.

3-2-3 عينات فصل (Split Samples)

هي عينات تؤخذ للفصل في نتائج الاختبارات، حيث تؤخذ العينات وترقم وتجرى على بعضها الاختبارات في المعامل المركزية الرئيسية والبعض الآخر في مختبر المشروع، ثم تقارن النتائج مع بعضها.

4-2-3 عينات التأكد المخبرية (Laboratory Check Samples)

يتم أخذ عينات بأقصى مراجعة للمواد المستخدمة في الإنشاء، وهي تشابه عينات ضبط الإنتاج فيما عدا أنها تؤخذ وتختبر بواسطة المهندس أو في وجود المهندس أو من يمثله، والغرض من هذه الاختبارات المراجعة على المعدات والخطوات التي تجرى في أخذ العينات واختبارات المواد وللتحقق من جودة التنفيذ.

5-2-3 عينات استبيانية (Information Samples)

العينات الاستبيانية عبارة عن عينات غير المذكورة أعلاه، وهذه العينات تؤخذ أثناء إنتاج المواد وقبل عملية قبولها، مثل تدرج المواد لإيضاح صلاحية استخدامها، وكذلك العينات المأخوذة أثناء معايرة خلاطة الأسفلت الساخن.

6-2-3 عينات القبول (Acceptance Samples)

تؤخذ هذه العينات من أماكن عشوائية لغرض التحقق من موافقة مواد التنفيذ للمواصفات قبل الاستلام النهائي.

3-3 أماكن أخذ العينات

تختلف أماكن أخذ العينات حسب نوع المواد والمعلومة المطلوبة، وتؤخذ عينات من المواد كل فترة لعمل ضبط سليم للعمل ولضمان جودة المواد لتحديد قبولها وتوافقها مع المواصفات الخاصة بتنفيذها.

وتؤخذ العينات عادة أثناء عمليات خلط الركام من الخلاطة أو سيارات النقل أو من الحاويات المستخدمة للتخزين ومن أي أماكن أخرى حسب متطلبات ومواصفات التنفيذ.

ويعتبر المهندس مسؤولاً عن التأكد من أن جميع المواد المستخدمة في المشروع تتوافق مع المواصفات تماماً حيث تؤخذ عينات ضبط الإنتاج، وإذا لم تحقق النتائج المطلوبة يتم إزالة الأعمال التي تمت بهذه المواد أو يعاد معالجتها واختبارها مرة أخرى حتى تتوافق مع المواصفات الفنية المطلوبة.

جدول (3-3-1) معدلات الاختبارات وأماكنها وأحجام العينات

البنـــد	الاختبـار	معدلات الاختبارات			حجم العينة ومكانها	
		مراجعة (من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية)	ضبط العمل (من قبل المقاول)	جودة / مصدر	ضبط العمل / مراجعة	جودة / مصدر
1- الردم المستخدم كقاعدة ترابية للرصف (Subgrade)	1- نسبة تحمل كاليفورنيا CBR	كل 5000 $م^2$ من الردم	اختبار كل 5000 $م^2$	-	عينة 50 كجم من الطريق	-
	2- التصنيف	كل 50000 $م^2$ من الردم	اختبار كل 5000 $م^2$	-	استخدام نفس العينة	-
	3- الكثافة الرطبة	اختبار كل طبقة كل 20000 $م^2$	اختبار كل 5000 $م^2$	-	استخدام نفس العينة	-
	4- الكثافة في الموقع	اختبار كل طبقة كل 20000 $م^2$	اختبار كل طبقة كل 2000 $م^2$	-	في المكان قبل وضع الطبقة التالية مباشرة	-

البنـــد	الاختبـار	معدلات الاختبارات			حجم العينة ومكانها	
		مراجعة (من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية)	ضبط العمل (من قبل المقاول)	جودة / مصدر	ضبط العمل / مراجعة	جودة / مصدر
2- الردم حول المنشآت	1- التصنيف	-	اختبار كل 5000م²	-	-	-
	2- الكثافة الرطبة	-	-	-	-	-
	3- الكثافة في الموقع	اختبار كل طبقة كل 20000م²	اختبار كل طبقة كل 2000م²	-	في المكان قبل وضع الطبقة مباشرة	-
3- طبقة الأساس الحصوي وطبقة تحت الأساس	1- تحليل منخلي	اختبار كل 10000م³	اختبار كل 1000م³	اختبار واحد للمصدر	35كجم من الخلاطة المركزية	عينة 75كجم من الكسارة أو من الحفرة
	2- معامل اللدونة	اختبار كل 10000م³	اختبار كل 1000م³	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	3- الفاقد بالبري	اختبار كل 10000م³	اختبار كل 1000م³	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	4- الكثافة الرطبة	اختبار كل 10000م³	اختبار كل 1000م³	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	5- نسبة تحمل كاليفورنيا California) Bearing Ratio) CBR	اختبار كل 10000م³	اختبار كل 1000م³	اختبار واحد للمصدر	-	استخدام نفس العينة
	6- كثافة الموقع	اختبار واحد لكل طبقة كل 20000 م²	اختبار واحد لكل طبقة كل 2000م²	-	-	في الموقع قبل وضع الطبقة التالية مباشرة
	7- السمك	-	اختبار واحد كل 2000م²	-	-	في نفس المكان
	8- أوجه مكسرة	اختبار واحد كل 10000م³	اختبار واحد كل 2000م²	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	9- حبيبات رقيقة وطويلة	اختبار واحد كل 10000م³	اختبار واحد كل 2000م²	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	10- مقاومة التآكل	اختبار واحد كل 10000م³	اختبار واحد كل 2000م²	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة

البنـــد	الاختبـار	معدلات الاختبارات			حجم العينة ومكانها	
		مراجعة (من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية)	ضبط العمل (من قبل المقاول)	جودة / مصدر	ضبط العمل / مراجعة	جودة / مصدر
4 - الركام لطبقة تحت الأساس البيتوميني وطبقة تحت الأساس ذات التدرج المفتوح (أوعية التخزين الساخنة)	1 - تحلـيل منخلي	اختبار أسبوعي من المخازن الباردة أثناء الخلط	اختبار للخلاطة لكل يوم إنتاج	-	عينة 10 كجم من كل وعاء تخزين	-
5 - طبقة أساس بيتومينية	1 - اختبار مارشال لتصميم الخلطة	-	-	اختبار واحد للمصدر	-	عينة 50كجم لكل مقاس و10 لتر من الأسفلت لكل نوع (مصدر)
	2 - ثبات مارشال	اختبار واحد كل 2000م^3	اختبار كل يوم إنتاج للخلاطة	-	عينة 10كجم من الطريق خلف الفرادة	-
	3 - تأثير المياه	اختبار إنتاج خلاطة لكل أسبوع	-	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	-
	4 - استخلاص الأسفلت (المحتوى الأسفلتي)	اختبار واحد كل 5000 م^3	اختبار كل 500م^3 وليس أقل من اختبار / يوم إنتاج	-	عينة 10كجم على الطريق خلف الفرادة	-
	5 - تدرج الركام المستخلص	اختبار واحد كل 5000م^3	اختبار كل 500م^3 وليس أقل من اختبار / يوم إنتاج	-	استخدام نفس العينة	-
	6 - السمك	-	قالب عينة لكل 1000م^2 من الطبقة المرصوفة	-	من الطريق	-
	7 - كثافة الموقع	-	قالب عينة لكل 1000 م^2 من الطبقة المرصوفة	-	استخدام عينة من الطريق	-

البنـــد	الاختبـار	معدلات الاختبارات			حجم العينة ومكانها	
		مراجعة (من قبل وزارة الشؤون البلدية والقروية)	ضبط العمل (من قبل المقاول)	جودة / مصدر	ضبط العمل / مراجعة	جودة / مصدر
6 - الركام للأساس البيتوميني (المخازن الباردة)	1 - تحليل منخلي	اختبار كل أسبوع إنتاج	اختبار كل 1000م^3	اختبار واحد للمصدر 25كجم	عينة من الكسارة أو من الحفرة 25كجم	عينة من الكسارة أو من الحفرة
	2 - أوجه مكسرة	اختبار كل أسبوع إنتاج	-	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	3 - المكافىء الرملي	اختبار كل أسبوع إنتاج من التغذية الباردة أثناء الخلط	اختبار واحد كل أسبوع إنتاج	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	4 - معامل اللدونة	اختبار كل أسبوع إنتاج من التغذية الباردة أثناء الخلط	اختبار واحد كل أسبوع إنتاج أثناء الإنتاج والتخزين	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
	5 - مقاومة التآكل	اختبار واحد كل 10000م^3	اختبار واحد كل 2000م^2	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	استخدام نفس العينة
7 - طبقة الأساس والطبقة السطحية البيتومينية	1 - اختبار مارشال	-	-	اختبار واحد للمصدر	-	عينة 50 كجم لكل مقاس و10لتر من الأسفلت لكل مصدر
	2 - ثبات مارشال	اختبار واحد كل 2000م^3	اختبار إنتاج كل إنتاج خلاطة يـومي	-	عينة 10كجم من الطريق خلف الفرادة	-
	3 - تأثير المياه	اختبار واحد كل خلاطة لكل أسبوع إنتاج	-	اختبار واحد للمصدر	استخدام نفس العينة	-
	4 - محتوى الأسفلت المستخلص	اختبار واحد كل 5000م^3	اختبار واحد كل 500م^3 وليس أقل من اختبار واحد لكل إنتاج يومي	-	10 كجم عينة من الطريق خلف الفرادة	-
	5 - تدرج الركام المستخلص	اختبار واحد كل 5000م^3	اختبار واحد كل 500م^3 وليس أقل من اختبار واحد لكل إنتاج يومي	-	استخدام نفس العينة	-

4-3 اختبارات التربة

1-4-3 حساب المحتوى المائي

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D2216 – 19 – Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass

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

ب. طريقة العمل:

1. قم بوزن علبة الصفيح أو الألمونيوم مع غطائها وتأكد من وضع علامة فارقة على العلبة والغطاء. تتوفر علب الرطوبة بأحجام مختلفة إلا أن النوع ذو قطر ٥سم وارتفاع ٤.٤سم هو أكثر الأنواع شيوعاً.
2. ضع عينة التربة الرطبة في العلبة، وأوجد وزن العلبة والتربة الرطبة معاً، وإذا تمت عملية الوزن في الحال فلا داعي لوضع الغطاء على العلبة أما إذا حصل تأخير في الوزن يتراوح ما بين ٣ – ٥ دقائق أو أكثر ضع الغطاء على العلبة للمحافظة على رطوبة التربة وضع العلبة تحت قطعة قماش مبلولة للمحافظة على الرطوبة المحيطة بالعلبة.
3. بعد وزن العلبة والعينة الرطبة ارفع الغطاء (في العادة يوضع الغطاء أسفل العلبة) وضع العينة في الفرن.
4. بعد أن تجف العينة، أي بعد أن يصبح وزنها ثابتاً، قم بوزن العينة الجافة والعلبة، مع التأكد من استعمال نفس الميزان لكل عمليات الوزن.
5. احسب المحتوى المائي وهو الفرق بين وزن العلبة مع العينة الرطبة ووزن العلبة مع العينة الجافة. ويمثل وزن الماء الموجود في العينة (Ww)، والفرق بين وزن العلبة مع العينة الجافة ووزن العلبة الفارغة يمثل وزن العينة (Ws): Water Content = $\frac{Ww}{Ws} \times 100\ \%$

ويجب أن تجفف عينة التربة في فرن درجة حرارته 110±5 درجة مئوية إلى أن يثبت وزن العينة، وذلك لأن وزن العينة يتناقص مع تبخر الماء منها. ليس من الضروري وزن العينة عدة مرات أثناء تبخر الماء للتأكد من ثبات الوزن، ولكن توضع العينة في الفرن لمدة 12 إلى 16 ساعة (عادة خلال الليل). هذا ولقد ثبت بالتجربة بأن طريقة التجفيف هذه كافية للعينات الصغيرة وفي أعمال المعامل الروتينية. ومن المعتاد أن توزن العينات المستعملة في حساب المحتوى المائي حالاً بعد أخذها من الفرن (باستعمال الملقط) ولو تأخر الوزن لأي سبب من الأسباب فيجب وضع الغطاء على العلبة أثناء تبريدها لمنع امتصاص العينة للماء من هواء الغرفة.

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

جدول (3-4-1-1) الأوزان المطلوبة لحبيبات التربة حسب حجم المنخل

أكبر حجم لحبيبات التربة (95 – 100 / مرور بالمنخل رقم)	الأوزان المطلوبة (جم) نسبة المحتوى المائي محسوب إلى أقرب ±1.0%
75	50,000
37.5	10,000
19	2,500
9.5	500
رقم 4 (4.75)	100
(2.00)	20

2-4-3 حد السيولة وحد اللدونة للتربة (Liquid Limit (LL) and Plastic Limit (PL))

و. المواصفات الفنية:

ASTM D4318-17 – Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

يعتبر حدا السيولة واللدونة اثنين من مجموع خمسة حدود افترضها العالم السويدي أ. أتربرج (A.Atterberg) وأهم هذه الحدود هي:

- حد الانكماش ((Shrinkage Limit (SL)): وهو أقل نسبة مئوية للمحتوى المائي والتي لا يحدث بعدها أي نقص في حجم التربة نتيجة لفقدان الرطوبة منها.
- حد اللدونة ((Plastic Limit (PL)): وهو المحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه تصبح التربة غير لدنة.
- حد السيولة ((Liquid limit (LL)): وهو أقل نسبة للمحتوى المائي للتربة والذي إذا قل عنه أصبحت التربة لدنة، وعند هذا المحتوى توشك التربة أن تصبح سائلاً لزجاً.

سائل لزج	لدن	غير لدن (صلب جزئياً)	صلب

حد السيولة — حد اللدونة — حد الانكماش

المحتوى المائي

يمكن أن يقع حد الانكماش (SL) يمين حد اللدونة (PL) لبعض أنواع التربة

شكل (3-4-2-1) حدود أتربرج على مقياس المحتوى المائي

شكل (3-4-2-2) جهاز أتربرج

ويستعمل حدا السيولة واللدونة بشكل كبير في تصنيف التربة وتعريفها، ويستعمل حد الانكماش في المناطق التي يتغير فيها حجم التربة نتيجة تعاقب الرطوبة والجفاف. ويمكن استعمال حدي السيولة واللدونة في تحديد التغيرات الحجمية في التربة. ويستعمل حد السيولة في حسابات اندماجية التربة.

ز. حد السيولة ((Liquid limit (LL)):

اقترح أتربرج تعريف حد السيولة بأنه المحتوى المائي للتربة التي عندها يلتحم ولمسافة نصف بوصة جانبي شق في العينة من تأثير 25 ضربة في جهاز تعيين السيولة بحيث تسقط كل ضربة مسافة 1سم. وهناك عدة عوامل في هذا الاختبار تؤثر على المحتوى المائي هي:

1. سرعة الضربات.
2. الوقت اللازم لتحضير العينة في جهاز السيولة.
3. الرطوبـة النسبيـة.
4. نوع جهاز السيولة.
5. مسافة السقوط والمحددة هنا بواحد سنتيمتر.

هذا بالإضافة إلى نوع التربة وكفاءة الشخص الذي يقوم بالتجربة.

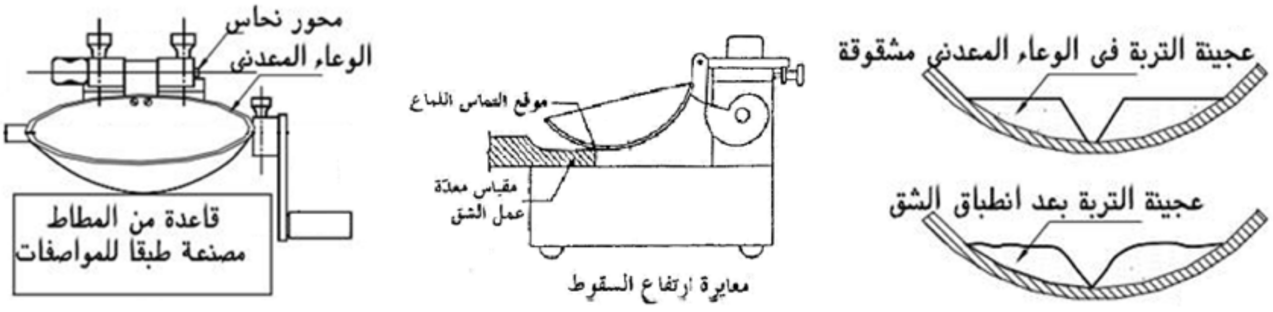
ولغرض التقليل من تأثير العوامل آنفة الذكر تم عمل جهاز قياسي ونوعيـن من أدوات قطع العينة همـا:

1. أداة قطع مقترحة من قبل كازاجراند (Casagrande) (انظر شكل (3-4-2-3 -ب))، وهذا النوع يقوم بتحديد سمك العينة بالإضافة إلى القطع.
2. أداة قطع مقترحة من قبل الجمعية الأمريكية للفحص والمواد (ASTM D4318) (انظر شكل (3-4-2-3 -ج)).

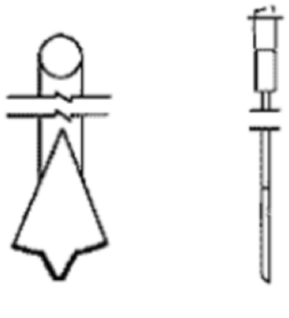
وهـذا النوع مفضل بالنسبة للتربة ذات المحتوى المائي المنخفض والصعبة القطع مثل التربة الرملية والطمي، وفي هذا النوع من التربة يمكن الاستعانة أولاً بالسكيـن (Spatula) للمساعدة في تحديد مكان القطع ثم يليها استخدام أداة القطع.

ولغرض السيطرة على سرعة الضربات يجب إدارة مقبض الضربات بمعدل 120 دورة في الدقيقة أي بمعدل 120 ضربة في الدقيقة الواحـدة.

هـذا وقد حددت الجمعية الأمريكية للفحص والمواد استعمال الماء المقطر عند الاختبار.

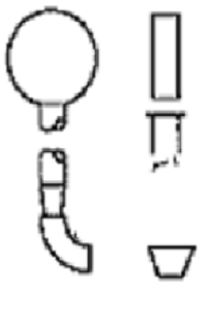


شكل (3-4-2-3 -أ) جهاز حد السيولة



أداة قطع كازاغراند أداة قطع كازاغراند

شكل (3-4-2-3 -ب)



أداة ASTM للقطع

شكل (3-4-2-3 -ج)

شكل (3-4-2-3) جهاز كازاجراندي وجهاز (8134D MTSA)

يتـم عمـل تجربـة حـدود أتربـرج علـى التربـة التـي تمـر مـن المنخـل رقـم (04)، إلا أن التربـة التـي تجلـب مـن الحقـل تكـون مبلولـة ويصعـب مرورهـا مـن هـذا المنخـل، لهـذا فإنـه مـن المسـموح بـه تجفيـف التربـة هوائيـاً (Air-dry) للمسـاعدة عـلـى مـرور الحبيبـات خـلال ذلـك المنخـل حسـب التعليـمات القياسـية للجمعيـة الأمريكيـة للفحـص والمـواد (ASTM D6913/D6913M-17). ولا يسـمح بتجفيـف التربـة بالفرن لأن هـذه العمليـة تقلـل في العـادة مـن قيـم حـدي السـيولة واللدونـة على عكـس التجفيف بالهـواء حيـث دلـت البحـوث عـلـى أن التربـة المجففـة هوائيـاً يمكـن أن تسـتعيد القيـم الحقيقيـة للحـدود بعـد خلطهـا بالمـاء

ومعالجتها من 24 إلى ساعة. كما أن تجفيف التربة هوائياً يقلل حد السيولة بمقدار 2-6 % . ولتجنب هذه المشكلة يمكن اختيار التربة من الحقل عن طريق النظر بحيث تستطيع حبيباتها المرور خلال المنخل رقم (40).

لتحديد قيمة حد السيولة بصورة دقيقة ترسم العلاقة بين عدد الضربات باستعمال المقياس اللوغاريثمي وبين المحتوى المائي باستعمال المقياس الطبيعي. وعادة ما تكون العلاقة خطاً مستقيماً، وبذلك يصبح من السهل إيجاد المحتوى المائي بهذه الطريقة. وعليه فالمطلوب هو إيجاد ثلاث إلى ست نقاط تمثل العلاقة بين عدد الضربات والمحتوى المائي، (بالطبع يجب أن يشمل مدى الضربات 25 ضربة). يتم بعد ذلك رسم هذه النقاط على ورق نصف لوغاريثمي وتوصيلها بخط مستقيم ثم قراءة مقدار المحتوى المائي الذي يقابل 25 ضربة من الرسم البياني. ويجب ملاحظة أنه كلما كانت النقاط المرسومة قريبة من الـ 25 ضربة كانت النتائج أفضل.

ح. حد اللدونة (Plastic Limit (PL)):

لقد أمكن من التجربة إعطاء حد اللدونة تعريف كيفي على أنه المحتوى المائي الذي يمكن عنده فتل التربة إلى خيط قطره (0-125بوصة) دون أن ينقطع هذا الخيط، وتعتمد هذه التجربة نوعاً ما على الشخص الذي يقوم بها مقارنة بتجربة حد السيولة، وذلك لصعوبة تقدير قطر قدره (0-125بوصة). ولكن للحصول على نتائج أكثر دقة يمكن مقارنة خيط التربة بسلك أو قضيب قطره (0-125بوصة)، حيث يمكن إجراء التجربة من قبل فنيين مختلفين والحصول على نتائج في حدود 1-6% لنفس نوع التربة.

ط. مؤشر اللدونة (Plasticity Index (PI)):

هو الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة للتربة ويمكن كتابته كما يلي: PI = LL – PL

تكون التربة عديمة اللدونة في الحالات التالية:

1. عندما يصعب تعيين حد السيولة أو حد اللدونة.
2. عندما يكون حد اللدونة مساوياً أو أكبر من حد السيولة.

ي. حساب حدود أتربرج:

المشروع: إنشاء طريق
رقم العملية: -
موقع المشروع: بلدية
رقم الثقب: -
رقم العينة: -
وصف التربة: طين بني فاتح
عمق العينة:
اسم الفاحص: ر.د.س
التاريخ: -/ -/1440هـ

ك. حساب حد السيولة:

جدول رقم: (3-4-2-1) حساب حد السيولة

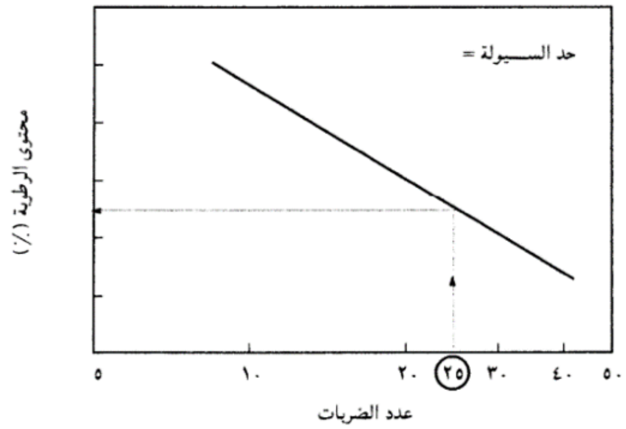
رقم العلبة	٤١	٩٣	٣٢
وزن التربة الرطبة + العلبة (جم)	39.40	34.79	33.51
وزن التربة الجافة + العلبة (جم)	34	29.55	28.08
وزن العلبة (جم)	14.95	11.97	11.92
وزن التربة الجافة (جم)	19.05	17.58	16.16
وزن الماء (جم)	5.40	5.24	5.43
المحتوى المائي W%	28.4	29.8	33.6
عدد الضربات N	35	28	18

ل. حساب حد اللدونة:

جدول رقم: (3-4-2-2) حساب حد اللدونة

رقم العلبة	٥٣	٣٦
وزن التربة الرطبة + العلبة (جم)	24.17	24.59
وزن التربة الجافة + العلبة (جم)	23.77	22.59
وزن العلبة (جم)	21.53	22.59
وزن التربة الجافة (جم)	2.24	1.70
وزن الماء (جم)	0.4	0.3
المحتوى المائي Wp = ٪ W*	%17.9	%17.7

*Wp (Plastic Limit)



شكل (3-4-2-4) بيانات نموذجية من تجربة حدود أتربرج

3-4-3 التدرج الحبيبي للتربة

يستخدم اختبار التدرج الحبيبي في تصنيف التربة عن طريق التحليل المنخلي لها (Sieve Analysis) باستخدام المناخل التي تتراوح فتحاتها من 100ملم (4 بوصة) إلى 0.075ملم (منخل رقم 200) حسب المواصفات الأمريكية وهي:

جدول رقم: (3-4-3-1) أرقام المناخل ومقاساتها

رقم المنخل	الفتحات بالملم	رقم المنخل	الفتحات بالملم
"4	100	"3/8	9.5
" 3	75	4	4.75
" 2	50	01	2
"1 1/2	37.5	02	0.85
"1	25	04	0.425
"3/4	19	08	0.180
"1/2	12.5	002	0.075

ويقاس التدرج الحبيبي لجزء التربة المار من المنخل رقم (200) باستخدام جهاز قياس الثقل النوعي (Hydrometer)، ويتم بعد ذلك رسم منحنى التدرج ومن ثم تحديد نسب المواد المكونة للتربة والتي من أهمها نسبة المواد الطينية، ويتم تحديد المواد المخصصة للردم أو لتصميم الطريق بناءاً على المواصفات الخاصة بالمشروع والتي تعطي أفضل تدرج وثبات وأكبر قدرة تحمل، ويتم التأكد من مطابقة المواد لتلك المواصفات عن طريق التحليل المنخلي لعينة منها.

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D6913/D6913M-17- Standard Test Methods For Particle-Size Distribution (Gradation) Of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D7928-17 – Standard Test Method For Particle-Size Distribution (Gradation) Of Fine-Grained Soils Using The Sedimentation (Hydrometer) Analysis

AASHTO T 88-13 – Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.

ب. الأدوات المستخدمة:

1. مجموعة من المناخل حسب المواصفات.
2. هزاز مناخل.
3. ميزان حسب المواصفات.
4. فرن تجفيف.
5. جهاز قياس الثقل النوعي.
6. مقياس حرارة.

ج. طريقة الاختبار:

1. يتم الحصول على نحو 500 جرام من التربة الممثلة باستخدام جهاز فصل التربة ثم توزن التربة.
2. رتب المناخل المطلوبة من الأعلى إلى الأسفل حسب حجم أكبر حبيبات التربة ثم ضع التربة وهز المناخل بعد تغطيتها باليد أو باستخدام الهزاز الميكانيكي لحين توقف التربة عن المرور.
3. قس وزن التربة المتبقية على سطح كل منخل إلى أقرب 0.1جرام وقارنه بوزن التربة عند بداية الاختبار.
4. احسب نسبة الوزن المرتد ومنه نسبة التربة المارة وسجل البيانات في النموذج المعد لذلك ومن ثم ارسم منحنى التدرج.
5. ولتحليل التربة المارة من منخل رقم (200) باستخدام جهاز الثقل النوعي (الهيدروميتر) ضع التربة على منخل رقم (200) واغسل التربة بعناية واجمع التربة المارة بعد تصفيتها وتجفيفها بالفرن.
6. امزج التربة المارة من منخل رقم (200) مع محلول NaPO3 بالكميات المحددة في المواصفات. يجب ان يكون محلول NaPO3 جديد لم يمر أكثر من شهر واحد على تركيبه ثم اترك المزيج للمدة المطلوبة.
7. انقل التربة إلى كأس الخلاط بعناية بحيث لا يفقد أي جزء من الخليط وأضف إليها ماءً مقطراً إلى ثلثي كأس الخلاط ثم اخلط المزيج لمدة دقيقة.
8. جهز 125 مليلتر من محلول NaPO3 وأضف إليه ماءً مقطراً حتى يصل الحجم إلى 1000 مليلتر وبدرجة حرارة ثابتة.
9. انقل مزيج التربة مع المحلول إلى كأس مدرج وأضف إليه المزيج الذي تم تحضيره في الخطوة رقم 8 إلى علامة 1000 مليلتر .
10. ضع الغطاء بإحكام ثم اقلب الكأس إلى أعلى وإلى أسفل لمدة دقيقة (60مرة) ثم ضعه على الطاولة لمدة دقيقتين.
11. أدخل الهيدروميتر ببطء شديد إلى الكأس المدرج ثم سجل القراءة الأولى وكذلك درجة الحرارة للمحلول، وكرر أخذ القراءة بعد 4 و5 دقائق.
12. كرر العملية الواردة في الخطوة رقم 11 ثم سجل القراءات للهيدروميتر ودرجة الحرارة بعد مضي الأوقات التالية: 8، 16، 30 دقيقة و 2، 4، 8، 16، 32، 64، 96 ساعة وتسجل البيانات في النموذج المعد لذلك.
13. يتم تمثيل البيانات على منحنى التدرج استكمالاً للمنحنى الذي تم رسمه في الخطوة رقم 4.

4-4-3 اختبار تعيين الكثافة في الموقع للتربة بطريقة المخروط الرملي
(Density of Soil in-place by Sand Cone Method)

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

الغرض من التجربة:

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

د. المواصفات الفنية:

ASTM D155607- – Standard Test Method For Density And Unit Weight Of Soil In Place By The Sand-Cone Method.

ه. الأدوات المستخدمة:

1. إناء زجاجي مملوء برمل قياسي.
2. مخروط معدني.
3. قاعدة الجهاز بها ثقب.
4. ميزان حساس.
5. فرن تجفيف.
6. أدوات حفر وتنظيف.
7. أوعية غير منفذة للماء.

و. خطوات التجربة:

1. يسوى سطح الموقع، وتزال جميع المواد السطحية غير المرغوب فيها في المكان المراد حساب كثافة الحقل فيه.
2. توضع القاعدة الخاصة بالجهاز فوق المكان المراد حساب الكثافة عنده على أن تثبت القاعدة بالأرض جيداً حسب المواصفات، وتحفر حفرة بقطر الثقب وبعمق الطبقة المدموكة على الأقل أو حسب المواصفات.
3. يجمع ناتج الحفر في وعاء غير منفذ للرطوبة والماء، ويتم وزن العينة فور إخراجها.
4. يوزن القمع الرملي والإناء وهو مملوء بالرمل قبل إجراء التجربة، بعد ذلك يوضع الإناء مع القمع والرمل مقلوباً فوق الحفرة ثم يفتح الصنبور لإنزال الرمل في الحفرة.
5. بعد امتلاء الحفرة والقمع بالرمل القياسي يقفل الصنبور، ثم يرفع القمع الرملي والإناء ويوزن ما تبقى من الرمل القياسي.
6. يتم حساب وزن الرمل الذي ملأ الحفرة بعناية تامة.

وزن الرمل الذي ملأ الحفرة= وزن الرمل الذي يملأ الإناء – وزن الرمل المتبقي – وزن الرمل الذي يملأ القمع.

7. يتم تعيين كثافة الرمل القياسي المستخدم في إجراء التجربة وذلك بأن يملأ وعاء معلوم الحجم بالرمل القياسي ويسوى سطحه ثم يوزن.

كثافة الرمل القياسي = وزن الرمل في الوعاء جم/سم3

حجم الوعاء

8. يتم تعيين حجم الحفرة وذلك كالآتي:

حجم الحفرة = وزن الرمل الذي يملأ الحفرة سم3

كثافة الرمل القياسي

9. كثافة التربة في الموقع:

كثافة التربة في الموقع (الرطبة) = وزن التربة المستخرجة من الحفرة جم/سم^3

حجم الحفرة

الاحتياطات الواجب مراعاتها عند إجراء التجربة:

1. يجب عدم لمس أو هز الجهاز أثناء إجراء التجربة.
2. يجب حفظ العينة المستخرجة من الحفرة في وعاء غير منفذ للماء.
3. إذا كان الاختبار على طبقة الأساس وما تحت الأساس تؤخذ الحفرة بكامل عمق الطبقة المدموكة.
4. يجب تعيين المحتوى المائي للتربة بسرعة حتى لا تفقد التربة رطوبتها، وذلك بتجفيفها في فرن درجة حرارته من 105 إلى 110 درجة مئوية ولمدة 24 ساعة.
5. يجب التأكد من ضبط الميزان قبل استخدامه.
6. أي أحجار كبيرة ترجع إلى الحفرة مرة ثانية.

5-4-3 اختبار الدمك (Compaction (Proctor) Test)

يتم في اختبار الدمك تحديد العلاقة بين الكثافة الجافة للتربة (γ_d) والمحتوى المائي (W) ومن ثم تحديد الكثافة الجافة العظمى (Maximum Dry Unit Weight) والمحتوى الرطوبي الأمثل (Optimum Moisture Content, (OMC)) للتربة باستخدام طريقتي اختبار بروكتور، وذلك من أجل تحديد الكثافة القصوى والرطوبة المثلى التي ستقارن بها الكثافة الحقلية، وكذلك تحديد الطاقة التي تتعرض لها التربة في الدمك في المختبر لتمثيلها على الطبيعة باستخدام أدوات ومعدات الدمك المختلفة. والطريقتان المستخدمتان للدمك هما:

1. اختبار بروكتر القياسي (Standard Proctor Test).
2. اختبار بروكتر المعدل (Modified Proctor Test).

جدول (3-4-5-1) الفرق بين الأجهزة المستخدمة في طريقتي الدمك

القالب Mold	القياسي		المعدل	
	قالب ٤	قالب ٦	قالب ٤	قالب ٦
القطر (ملم)	101.60	152.4	101.6	152.4
الطول(ملم)	116.43	116.43	116.43	116.43
الحجم (سم^3)	944	2124	944	2124
وزن المطرقة (نيوتن)	24.5	24.5	44.5	44.5
عدد الضربات	25	25	25	25
عدد الطبقات	3	3	5	5
ارتفاع المطرقة (ملم)	305	305	457	457

ويتم حساب الطاقة المبذولة في عملية الدمك كما يلي:

الطاقة المبذولة في الدمك (كيلوجول /م^3) = (عدد الطبقات × عدد الضربات × الارتفاع (م) × وزن المطرقة (نيوتن))/حجم القالب (م^3).

فمثلاً الطاقة المبذولة في الطريقة القياسية باستخدام قالب قطره 101.60ملم = 593.7كيلوجول /م^3 وعند تمثيل الطريقتين على رسم بياني نجد أن في الطريقة المعدلة تكون التربة خالية من الهواء (Air Voids Zero) عندها تكون التربة مشبعة تماماً بالماء.

أ. المواصفات الفنية:

AASHTO T 99-18 – Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 2.5-kg (5.5-lb) Rammer and a 305-mm (12-in.) Drop

AASHTO T 180-18 – Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop.

هناك أربعة طرق لعمل هذا الاختبار وهي:

1. الطريقة الأولى Method A باستخدام الوعاء الأسطواني (101.6ملم) وتربة مارة من منخل رقم 4 (4.75ملم) وزنها 3 كيلوجرام تقريباً.
2. الطريقة الثانية Method B باستخدام الوعاء الأسطواني (152.4ملم) وتربة مارة من منخل رقم 4 (4.75ملم) وزنها 7 كيلوجرام تقريباً.
3. الطريقة الثالثة Method C باستخدام الوعاء الأسطواني (101.60ملم) وتربة مارة من منخل رقم 0.75 (19 ملم) وزنها 5 كيلوجرام تقريباً.
4. الطريقة الرابعة Method D باستخدام الوعاء الأسطواني (152.4ملم) وتربة مارة من منخل رقم 0.75 (19 ملم) وزنها 11 كيلوجرام تقريباً.

ب. الأدوات المستخدمة:

1. أدوات الدمك وتشمل .
   - قالب الدمك الأسطواني Mold حسب الطريقة المتبعة.
   - حلقة Collar وقاعدة Base Plate.
   - مطرقة الدمك Rammer، إما يدوية أو ميكانيكية.
2. مناخل حسب الطريقة المتبعة.
3. أداة استخراج العينة (رافعة) ومسطرة.
4. ميزان وفرن تجفيف.

ج. طريقة الاختبار:

5. جهز نحو 3 كيلوجرام من التربة المارة من منخل رقم 4 والتي تم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها، ثم أضف إليها الماء للحصول على محتوى مائي نحو 4% إلى 8% أقل من المحتوى الرطوبي الأمثل للتربة ثم اخلط التربة جيداً.
6. قس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة إلى أقرب 1 جرام.
7. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب.
8. ادمك التربة على ثلاث طبقات متساوية في حالة استخدام الطريقة القياسية، أو خمس طبقات في حالة استخدام الطريقة المعدلة. ادمك كل طبقة 25 مرة قبل إدخال الطبقة التالية، وذلك باستخدام المطرقة والارتفاع بالطريقة القياسية أو المعدلة التي سبق شرحها.
9. افصل الحلقة عن القالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب.
10. قس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة والتربة الرطبة إلى أقرب 1 جرام.
11. افصل القاعدة ثم استخرج عينة التربة باستخدام الرافعة.
12. خذ عينة ممثلة من التربة المدموكة من أسفل ووسط وأعلى القالب لتحديد المحتوى المائي.
13. امزج التربة مع التربة المتبقية وأضف كمية كافية من الماء لزيادة المحتوى المائي للتربة من 1 إلى 2% واخلطهما جيداً.
14. كرر الخطوات من 4 إلى 8 مرات حتى تلاحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل أو لا يتغير رغم زيادة الماء ثم سجل بعدها محاولتين.
15. الكثافة الرطبة للتربة γ_{wet}= وزن التربة ÷ حجم الوعاء.
16. الكثافة الجافة للتربة γ_d = الكثافة الرطبة للتربة γ_{wet} ÷ (1+ المحتوى المائي W).

17. ارسم الكثافة الجافة للتربة γdمع المحتوى المائي w على رسم بياني والتي ستشكل منحنى ومنه حدد الكثافة الجافة العظمى للتربة $\gamma_{d\ max}$، وهي أعلى نقطة في المنحنى ويمثل المحتوى المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبي الأمثل (Optimum Moisture Content (OMC)).

6-4-3 وزن وحدة الحجوم (الكثافة) ((Unit Weight (γ))

يتم تحديد كثافة التربة بعد أخذ كتلة من التربة ووزنها ثم وضعها في إناء تحديد الحجم ومعرفة كمية الماء المطلوبة لملء الإناء حسب المعادلة التالية:

كثافة التربة = وزن عينة التربة ÷ (حجم الإناء – حجم الماء)

7-4-3 الكثافة النسبية ((Relative Density (Dr))

تستخدم الكثافة النسبية عادة للرمل عن طريق تحديد نسبة الفراغات الطبيعية والصغرى والقصوى(Void Ratio, e) للتربة، ولصعوبة تحديد نسبة الفراغات في التربة فإنه يتم حساب الكثافة النسبية كما يلي:

الكثافة النسبية Dr = الكثافة القصوى (كثافة التربة في الحقل – الكثافة الصغرى) ÷ (كثافة التربة في الحقل (الكثافة القصوى – الكثافة الصغرى)).

$$Dr=\gamma_{d\ max}\,(\gamma_{d\ min}-\gamma_{d})\ /\ ((\gamma_{d\ max}-\gamma_{d\ min})\ \gamma_{d})$$

حيث:

Dr: الكثافة النسبية للتربة.

$\gamma_{d\ max}$: الكثافة القصوى.

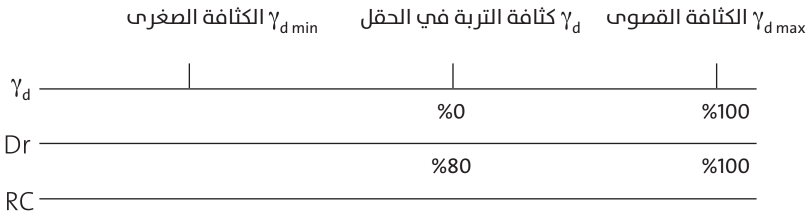
γ_{d}: كثافة التربة في الحقل.

$\gamma_{d\ min}$: الكثافة الصغرى.

وتستخدم الكثافة النسبية في حساب نسبة الدمك ولتقدير قوة تحمل التربة، ويبين الجدول التالي قيم الكثافة النسبية مع حالة التربة.

جدول (3-4-7-1) قيم الكثافة النسبية مع حالة التربة

التربة	الكثافة النسبية
مخلخلة جداً Very Loose	15 - 10
مخلخلة Loose	35 - 15
متوسطة الدمك Medium Compacted	65 - 35
مدموكة Compacted	85 - 65
مدموكة جداً Very Compacted	100 - 85



الدمك النسبي (Relative Compaction-RC) = كثافة التربة في الحقل / كثافة التربة القصوى

شكل (3-4-7-1) العلاقة بين الكثافة النسبية والكثافة والدمك النسبي

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D4253-16 – Standard Test Methods For Maximum Index Density And Unit Weight Of Soils Using A Vibratory Table.

ASTM D4254-16 – Standard Test Methods For Minimum Index Density And Unit Weight Of Soils And Calculation Of Relative Density.

ب. الأدوات المستخدمة:

1. قالب أسطواني قياسي (Mold) حجمه 2830سم^3 وآخر حجمه 14200سم^3.
2. قاعدة الأوزان (Surcharge Base Plate) مع المقبض والأوزان.
3. مؤشر مع مقبض لقياس اختلاف الارتفاع بين سطح القالب وقاعدة الأوزان.
4. مناخل (75 ملم و 37,5ملم و 19 ملم و 9,5 ملم ورقم 4 ورقم 200).
5. طاولة هزازة (Vibrating Table).
6. ميزان وفرن تجفيف.

ج. طريقة الاختبار:

مؤشر الكثافة القصوى (Maximum Index Density $\rho_{d\,max}$)

1. جهز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة وفقاً للجدول التالي:

جدول (3-4-7-2) مقاس و وزن القالب حسب أكبر حبيبة في التربة

مقاس أكبر حبيبة (ملم)	الوزن المطلوب (كجم)	مقاس القالب (سم٣)
75	34	14200
38	34	14200
91	11	2830
9.5	11	2830
4.57 أو أقل	11	2830

2. اخلط العينة المجففة في الفرن جيداً ثم املأ القالب بالتربة باستخدام قمع وقم بتسوية سطح التربة. قد يتم ضرب جوانب القالب بضع مرات بقضيب معدني أو مطرقة مطاطية أو أي عنصر مشابه لتثبيت التربة بحيث يمكن وضع قاعدة الأوزان في موقعها بسهولة.
3. ضع قاعدة الأوزان على التربة وأدرهما يميناً ويساراً لتسوية السطح ثم افصل قابض القاعدة.
4. ثبت القالب على الطاولة الهزازة ثم ضع الأوزان المناسبة في مكانها.
5. جهز طاولة الاهتزاز لتكون بتردد 60هيرتز واهتزاز رأسي مزدوج مقداره 0,05±0,33 ملم أو تردد 50هيرتز واهتزاز رأسي مزدوج مقداره 0.08±0,48 ملم.
6. شغّل الطاولة الهزازة لمدة 8 ± 0.25 دقائق في التردد 60 ± 2هيرتز أو لمدة 10 ± 0.25 دقيقة في التردد 50 ± 2هيرتز.
7. افصل القالب ثم قس وزنه مع التربة ومنه احسب وزن التربة.
8. احسب الكثافة القصوى للتربة $\gamma_{d\,max}$ والتي تساوي وزن التربة على حجم القالب: $\gamma_{d\,max} = \frac{M_s}{V}$ حيث:

   M_s: وزن التربة الجافة المختبرة.

   V : حجم التربة الجافة المختبرة. (للمعايرة، عد إلى المواصفات).
9. كرر العملية عدة مرات حتى تكون قيمة الكثافة القصوى للمحاولات متقاربة (نحو 2%) ثم أوجد متوسط هذه القيم.

مؤشر الكثافة الصغرى (($\gamma_{d\,min}$) Minimum Index Density)

1. جهز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة وفقاً للجدول التالي:

جدول (3-4-7-3) تجهيز العينات حسب أكبر حبيبة في التربة

مقاس أكبر حبيب (ملم)	الوزن المطلوب (كجم)	مقاس القالب (سم³)	أداة وضع التربة
75	34	14200	كريك
38	34	14200	ملعقة
19	11	2830	ملعقة
9.5	11	2830	ملعقة بقطر 25 ملم
4,75 أو أقل	11	2830	ملعقة بقطر 25 ملم

2. اخلط العينة المجففة في الفرن جيداً ثم املأ القالب بالتربة باستخدام الأدوات الموضحة بالجدول ببطء مع ملاحظة عدم دمك التربة إلى نحو 25 ملم أعلى من سطح القالب للحصول على أكبر نسبة من الفراغات في التربة.
3. أزل التربة الزائدة بحذر شديد بواسطة مسطرة حديدية.
4. احسب وزن القالب مع التربة ومنه احسب وزن التربة.
5. احسب الكثافة الصغرى للتربة $\gamma_{d\,min}$ والتي تساوي وزن التربة على حجم القالب.
6. كرر العملية عدة مرات حتى تكون قيمة الكثافة الصغرى للمحاولات متقاربة (نحو 2%) ثم أوجد متوسط هذه القيم.
7. احسب الكثافة النسبية بالمعادلة التالية:

$$Dr = (\gamma_{d\,min} - \gamma_d)^*\gamma_{d\,max} / ((\gamma_{d\,min} - \gamma_{d\,max})^*\gamma_d)$$

حيث:

(Relative Density-Dr): الكثافة النسبية للتربة.

$\gamma_{d\,max}$: الكثافة القصوى.

γ_d: كثافة التربة في الحقل.

$\gamma_{d\,min}$: الكثافة الصغرى.

3-4-8 الوزن النوعي للتربة ((Specific Gravity of Soils (Gs))

يستخدم الوزن النوعي تقريباً في كل المعادلات التي تمثل علاقات حالة كل من الهواء والماء والمواد الصلبة الموجودة في حيز معين.

جدول (3-4-8-1) الوزن النوعي حسب نوع التربة

نوع التربة	الوزن النوعي
ركامية	2.65-2.68
رملية	2.65-2.68
طمية	2.62-2.68
طينية عضوية	2.58-2.65
طينية غير عضوية	2.68-2.75
التربة العضوية	أقل من 2

وفي العادة يتم أخذ قيمة 2.67 للتربة المفككة و2.70 للتربة الطينية غير العضوية.

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D85414- – Standard Test Methods For Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer.

AASHTO T 100 – Standard Method of Test for Specific Gravity of Soils.

ب. الأدوات المستخدمة:

1. دورق حسب المواصفات.
2. ثرمومتر حسب المواصفات وماء مقطر.
3. ميزان وفرن تجفيف حسب المواصفات.

ج. طريقة الاختبار:

1. املأ الدورق بماء مقطر حسب المواصفات الفنية المتبعة.
2. قس وزن الدورق والماء Wa ثم حدد درجة حرارة الماء.
3. ضع التربة في الدورق وأضف إليه الماء المقطر إلى ثلثي الدورق.
4. تخلص من الفقاعات الهوائية للمزيج باتباع أحد التقنيات التالية:
   - بتقنية الغلي عبر تسخين الدورق لمدة 15-20 دقيقة مع التحريك ببطء.
   - بتقنية الشفط Vacuum حسب المواصفات.
5. تأكد من أن درجة حرارة الماء بالدورق تساوي درجة الحرارة التي تم قياسها في الخطوة 2.
6. أضف ماءً مقطراً إلى الدورق حسب المواصفات ثم احسب وزن الدورق مع التربة والماء Wb.
7. ضع جميع ما في الدورق من التربة والماء في طبق تبخير ثم ضعه في الفرن ليجف وحدد وزن التربة الجافة Wo.
8. احسب الوزن النوعي كما يلي:

- الوزن النوعي (درجة حرارة المختبر):

$$G_s@T_x = W_o / (W_o + (W_a - W_b))$$

حيث إن:

T_X: درجة حرارة المختبر.

W_o: وزن التربة الجافة بالجرام.

W_a: وزن الدورق مملوءاً بالماء عند درجة حرارة المختبر بالجرام.

W_b: وزن الدورق مع التربة والماء عند درجة حرارة المختبر بالجرام.

الوزن النوعي (درجة حرارة 20) = الوزن النوعي $(xT)\times((\gamma_{water}\ @Tx/\ \gamma_{water}\ @\ 20°c)$

3-4-9 تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا

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 2.5ملم (0,1 بوصة) أو 0ملم (0,2 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 الأسفلت (مواد الأساس)، ويمكن عمل الاختبار في الحقل أو المختبر ، ويوضح الجدول التالي بعض القيم لنسبة التحمل:

جدول (3-4-9-1) قيم نسبة التحمل (CBR)

نسبة التحمل RBC	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحد CSU	نظام آشتو 541M OTHSAA
52 -8	ضعيفة / مقبولة	الردميات	GM, SW, SP, SM	A-2-4, A-2-5, A-3*
05 - 52	مقبولة/ جيدة	القاعدة الترابية	MS, PS, WS, MG,PG	A-1-b, A-2-4, A-3*
56 - 05	جيدة	تحت الأساس	GW, GM	A-1-a, A-1-b
أكبر من 56	ممتازة	الأساس	WG	A-1-a, A-1-b

*شرط أن تكون محصورة

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

جدول (3-4-9-2) حساب نسبة التحمل (CBR)

وحدة الوزن القياسية (ميجا باسكال)	الوزن النوعي (ملم)
6.9	2.5
10.3	5
13	7.5
16	10
18	12.7

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D 1883-16 – Standard Test Method For California Bearing Ratio (CBR) Of Laboratory-Compacted Soils

AASHTO T 193-13 – Standard Method of Test for The California Bearing Ratio

ب. الأدوات المستخدمة:

1. أدوات اختبار الـ(CBR) والتي تتكون من:
   - قالب الدمك الأسطواني (Mold) حسب الطريقة المتبعة.
   - حلقة (Collar) وقاعدة (Base Plate).
   - مطرقة الدمك (Rammer)، إما يدوية أو ميكانيكية.
   - أداة قياس الانتفاخ مع مؤشر وأوزان.
   - آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق.
2. ميزان وفرن تجفيف.

شكل (3-4-9-1) جهاز تحديد نسبة كاليفورنيا

ج. طريقة الاختبار:

1. جهز العينة حسب المواصفات واخلطها مع كمية الماء المناسبة تبعاً للمحتوى المائي المطلوب.
2. خذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي للتربة.
3. احسب وزن القالب الأسطواني (Mold) بدون القاعدة والحلقة.
4. اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم ضع ورقة الترشيح.
5. ادمك التربة حسب طريقة الدمك العادية أو المعدلة والتي سبق شرحها.
6. افصل الحلقة المعدنية عن القالب الأسطواني، ثم أزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب، وفي حالة وجود فجوات تضاف تربة لسدها من نفس التربة.

7. افصل القاعدة والأسطوانة ثم احسب وزن القالب الأسطواني مع التربة، ومنه حدد وزن وكثافة التربة.
8. ضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم اقلب العينة واربط القالب مع القاعدة.
9. ضع مجموعة من الأوزان كافية لا تقل عن 4.54 كجم أو حسب المواصفات. سجل قيمة هذه الأوزان.
10. اغمر العينة تماماً بالماء ثم أوصل المؤشر المدرج Dial Gauge دقة قراءته 0.01ملم ثم صفّر المقياس.
11. أخذ قراءات على اختراقات الحمل المحددة في المواصفات.
12. بعد انتهاء الاختبار استخرج عينة التربة ثم خذ عينات من الثلث الأول والثلث الأوسط والثلث الأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.
13. ارسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم).
14. نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) = مقدار الضغط في الاختبار / مقدار الضغط القياسي × 100 (%).
15. يجب ملاحظة أنه عندما تكون نسبة التحمل عند اختراق 5ملم أكبر من نسبة التحمل عند اختراق 2.5 ملم يجب إعادة الاختبار مرة أخرى.
16. احسب معدل المحتوى المائي والكثافة الجافة قبل وبعد الاختبار.
17. ارسم منحنى نسبة الانتفاخ (%) مع الوقت (دقيقة) بناءً على التغير الحاصل في ارتفاع العينة.
18. في حالة استخدام طريقة عدم غمر العينة بالماء اتبع الخطوات السابقة دون غمر العينة بالماء.

3-5 اختبارات الركام

3-5-1 التحليل المنخلي للمواد الخشنة والناعمة (Sieve Analysis Of Fine and Coarse Aggregates)

تبين هذه التجربة طريقة تحديد التدرّج الحبيبي للركام الخشن والناعم باستخدام مناخل ذات فتحات مربّعة أو دائرية.

أ. **المواصفات الفنية:**

AASHTO T2714- – Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates.

ب. **الأجهزة:**

1. موازين ذات حساسية تصل إلى 0.1٪ من وزن العينة.
2. مناخل قياسية.
3. فرن يعطي درجة حرارة ±110 °5م.

شكل (3-5-1-1) المناخل القياسية

ج. **حجم العينة:**

1. تقسم العينة بواسطة جهاز التقسيم القياسي حتى تصل إلى الوزن المطلوب تقريباً بحالتها الطبيعية.
2. يكون وزن العينة من الركام الناعم 100 جم في حالة كون المار من المنخل رقم (8) 95% على الأقل.
3. يكون وزن العينة من الركام الناعم 500 جم في حالة كون المار من المنخل رقم (4) 85% على الأقل.

د. **طريقة الفحص:**

1. يتم تجفيف العينة على درجة حرارة ±110 °5م.
2. يتم وزن العينة بعد تجفيفها وتخضع للغسيل على منخل رقم 200، إلا إذا لم يكن تحديد المواد المارة من منخل رقم 200 مطلوباً. يتم التجفيف إلى وزن ثابت على درجة حرارة ±110 °5م.

3. تفصل العينة على مجموعة المناخل التي تعطي حدود المواصفات الخاصة بالغرض المزمع استخدامها لأجله، وتكون عملية الهز على المناخل من حركة عرضية ورأسية لكي تبقي العينة في حالة حركة مستمرة على سطح المنخل، ولا يسمح باستعمال الأيدي لإمرار المواد من فتحات المناخل، ويستمر الهز حتى لا يمر من المنخل أكثر من 1% من وزن المتبقي خلال دقيقة كاملة، وفي حالة استخدام الهزاز الميكانيكي تختبر العينة بالطريقة اليدوية كما تم وصفه.
4. يكون وزن عينة الركام الخشن كالآتي:

جدول (3-5-1-1) وزن عينة الركام الخشن حسب أقصى حجم بالبوصة

أقصى حجم بالبوصة	"3/8	"1/2	"3/4	"1	"1 1/2	"2	"2 1/2	"3	"3 1/2
الوزن (جم)	1000	2000	5000	10000	15000	20000	35000	60000	100000

5. في العيّنات ذات الخليط من الركام الخشن والناعم تفصل العينة على منخل رقم 4 وتجهَّز العيّنة حسب الفقرات ب، ج.
6. بالنسبة للمار من منخل رقم 200 في الركام الناعم يتم اتّباع طريقة آشتو (AASHTO 05-T-11) بتحديد المار من منخل رقم 200 الذي سوف يلي ذكره.
7. بعد انتهاء الهز والتنخيل يتم وزن المواد المتبقية على كل منخل ويجب ألا يختلف مجموع الأوزان عن الوزن الأصلي للعينة بأكثر من 0.3%.

ه. الحسابات

يتم حساب النسبة المئوية لكل جزء متبقٍّ على كل منخل بقسمة هذا الوزن على الوزن الإجمالي للعينة ثم يتم حساب النسب المئوية التراكمية، فمثلاً النسبة المئوية المتبقية على المنخل الأول تبقى كما هي، أما النسبة المئوية التراكمية على المنخل التالي فهي مجموع ما تبقى على الأول والثاني. وهكذا فالنسبة التراكمية المتبقية على الثالث هي مجموع ما تبقى على الأول والثاني والثالث، ولحساب النسب المئوية التراكمية للأجزاء المارة يمكن البدء من أصغر منخل ثم إضافة الذي يليه، فمثلاً المار من أصغر منخل هي النسبة التي تبقت على الصينية والمار من المنخل الأعلى هو مجموع ما تبقى على الصينية والمنخل الذي فوقها، وهكذا.

و. التقرير

يجب أن يحتوي التقرير على النسبة المئوية الإجمالية للمادة المارة من كل منخل أو النسبة المئوية الإجمالية للمادة المتبقية على كل منخل، كما يجب أن يحتوي على النسبة المئوية للمادة المتبقية بين المناخل المتتالية.

ز. معامل النعومة

يحسب معامل النعومة بجمع كل نسبة مئوية إجمالية متبقية للمادة على كل منخل ويقسم المجموع على 100، فمثلاً إذا كانت النسبة المئوية الإجمالية المحجوزة على المناخل كما يلي:

جدول (3-5-1-2) مثال على حساب معامل النعومة

	9.5	4.76	2.4	1.2	600 ميكرون	300 ميكرون	150 ميكرون	المجموع
النّسبة المئويّة الإجماليّة المتبقّية	صفر	2	12	22	41	76	93	246

يكون مجموع المتبقيات = 246

ويكون معامل النعومة: 2.46

إن قيمة معامل النعومة تزداد بزيادة خشونة الركام، ويمكن لعدة تدرّجات أن يكون لها نفس المعامل، ولهذا لا يمكن استعمال المعامل لوصف التدرج ولكنه يفيد لمعرفة التغيّرات في الركام من نفس المصدر كما يستعمل في تصحيح الخلطات الخرسانية.

2-5-3 الوزن النوعي للركام (Aggregate Specific Gravity & Absorption)

يتم في هذا الاختبار تحديد الوزن النوعي والامتصاص الكلي والظاهري والامتصاص لمواد الركام الناعمة والخشنة في درجة حرارة 23 درجة مئوية والذي يستخدم في صناعة أنواع الخرسانة.

أ. المواصفات الفنية:

ASTM C127 - Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

ASTM C128 - Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

AASHTO T 84 - Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate

AASHTO T 85 - Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate

ب. الأدوات المستخدمة:

1. دورق Pycnometer بسعة 500 مليلتر.
2. قالب مخروطي.
3. أداة للدك Tamper وزنها 345 جرام.
4. أدوات خلط التربة.
5. ميزان لا تقل سعته عن 5 كجم.
6. وعاء كبير لحفظ العينة.
7. أداة لتعليق الوعاء في الماء.

شكل (3-5-2-1) الأدوات المستخدمة لتحديد الوزن النوعي الكلي والظاهري والامتصاص لمواد الركام

ج. طريقة الاختبار:

الركام الناعم

1. جهّز نحو 1 كجم من الركام الناعم ثم جفّفه بفرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة 15 إلى 19 ساعة.
2. أفرد العينة على سطح مستوٍ وجاف بعد تجفيف سطح العينة ثم مرّر هواءً ساخناً على العينة بعناية حتى لا تتطاير الحبيبات الصغيرة.
3. املأ جزءاً من الدورق بالماء ثم أضف إليه 500 جرام من الركام المشبع بالماء والمجفف سطحه Saturated Surface (Dry– SSD) ثم أضف ماءً إلى الدورق إلى نحو 90٪ وحرك الدورق ببطء على شكل حركة نصف دائرية حتى تخرج الفقاعات الهوائية واحسب وزن الدورق والماء والركام.
4. قم بإخراج الركام من الدورق وجففه في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واحسب الوزن.
5. احسب وزن الدورق وهو مملوء بالماء.
6. احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية:

- **الوزن النوعي الكلي**

Bulk Specific Gravity = A/(B + S - C)

حيث:

A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام

B = وزن الدورق مع الماء بالجرام

C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام

S = وزن العيّنة المشبعة بالماء والجافة السطح (Saturated Surface Dry – SSD Specimen).

• الوزن النوعي الظاهري

Apparent Specific Gravity = A/(B + A – C)

• الامتصاص

Absorption, percent = [(S – A) / A] x 100

الركام الخشن

1. جهز نحو 5 كجم من الركام الخشن بعد استبعاد المواد المارة من منخل رقم (4)، ثم اغسل الركام وجففه بفرن درجة حرارته 110 درجة مئوية واتركه ليبرد ثم اغمره بالماء لمدة لا تقل عن 15 ساعة. يجب ملاحظة أن وزن الركام الخشن يعتمد على أكبر مقاس للركام والجدول التالي يوضح ذلك:

جدول (3-5-2-1) وزن الركام الخشن

الــوزن (كجم)	أكبر مقاس للركام (ملم)	الــوزن (كجم)	أكبر مقاس للركام (ملم)
2	12.5	18	75
3	19	25	90
4	25	40	100
5	37.5	50	112
8	50	75	125
12	63	125	150

2. أفرد الركام على قطعة من القماش حتى يجف سطحه، وجفف العينات الكبيرة على حدة، واحسب وزن الركام.
3. ضع الركام في وعاء واحسب وزنه في الماء مع ملاحظة عدم وجود أية فقاعات هوائية بين الركام.
4. جفف الركام في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية ثم برده واحسب الوزن.
5. احسب الوزن النوعي والامتصاص بالمعادلات التالية:

• الوزن النوعي الكلي

Bulk Specific Gravity = A/(B – C)

والوزن النوعي الكلي للركام المشبع بالماء والمجفف سطحه

B / (B – C) =Specific Gravity Bulk SSD

حيث:

A = وزن الركام المجفف بالفرن بالجرام

B = وزن الدورق مع الماء بالجرام

C = وزن الدورق مع الماء والركام بالجرام

• الوزن النوعي الظاهري

Apparent Specific Gravity = A/(A – C)

• الامتصاص

Absorption, percent = [(B – A) / A] x 100

3-5-3 مقاومة الركام للبري (Los Angeles Abrasion)

يتم في هذا الاختبار تحديد مقاومة الركام للبري لمواد الركام الأصغر من 37.5 ملم باستخدام جهاز لوس أنجلوس.

أ. المواصفات الفنية

ASTM C131/C131M - Standard Test Method For Resistance To Degradation Of Small-Size Coarse Aggregate By Abrasion And Impact In The Los Angeles Machine

AASHTO T 96 - Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

ب. الأدوات المستخدمة

1. ميزان وفرن تجفيف.
2. مناخل.
3. جهاز لوس أنجلوس ويتكون من التالي:

- أسطوانة دائرية من الصلب قطرها 711 ملم وطولها 508 ملم، بها فتحة لإدخال وإخراج العينات مع غطاء محكم لمنع خروج المواد الناعمة، وبداخلها رف حديدي على طول الأسطوانة وببروز 89 ملم إلى الداخل ومثبتة من الخارج على محور ارتكاز أفقي يمكّن الأسطوانة من الدوران حول المحور الأفقي بميلان من 1 إلى 100.
- كرات معدنية متوسطة قطرها 46.8 ملم ووزن كل منها ما بين 390 جم إلى 445 جم حيث يعتمد عدد هذه الكرات على وزن العينة المراد تحديد مقاومة البري لها والذي يعتمد على تدرج العينة طبقاً لما يلي:

جدول (3-5-3-1) وزن العينة المراد تحديد مقاومة البري لها

عدد الكرات	تدرج العينة	وزن العينة بالجرام
12	A	25 ± 5000
11	B	25 ± 4580
8	C	20 ± 3330
6	D	15 ± 2500

4. ويعطي الجدول التالي التدرج الحبيبي لعينات الاختبار:

جدول (3-5-3-2) التدرج الحبيبي لعينات الاختبار المراد تحديد مقاومة البري لها

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

ج. طريقة الاختبار

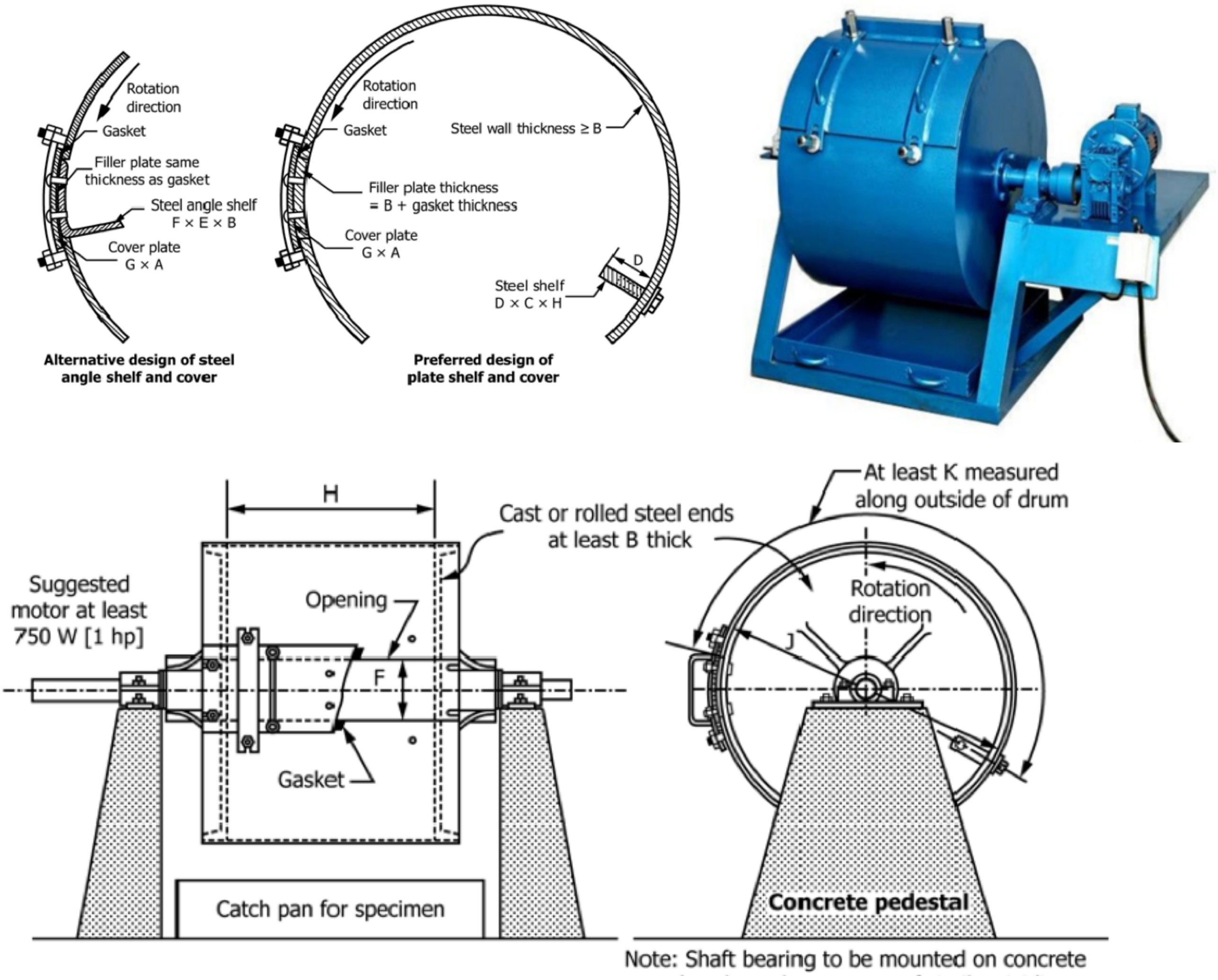
1. تجهز العينات من الركام النظيف والجاف ثم توزن إلى أقرب 5 جرامات (W_o).
2. يوضع الركام وعدد الكرات حسب ما هو موضح بالجدول السابق في جهاز لوس أنجلوس، ويشغل الجهاز بمقدار 500 دورة بسرعة 30 إلى 33 دورة في الدقيقة، ثم تخرج المواد وتنخل على منخل رقم 12، ثم يتم غسل المواد المحجوزة عليه وتجفيفها ثم توزن لأقرب 5 جرامات (W_f).
3. يتم حساب مقدار البري في الركام كما يلي:

مقدار البري (%) = $[(W_o - W_f)/ W_o] \times 100$

حيث:

W_o: الوزن الأصلي للركام قبل الاختبار.

W_f: وزن الركام بعد الاختبار وبعد نخله وغسله وتجفيفه.



شكل (3-5-3-1) جهاز لوس أنجلوس لاختبار تآكل المواد

4-5-3 تآكل الركام (Soundness Of Aggregate)

في هذا الاختبار يتم تحديد مقاومة الركام للتآكل باستخدام محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم لإعطاء معلومات عن تأثير العوامل الجوية والتعرية على الركام.

طريقة الاختبار:

أ. المواصفات الفنية:

ASTM C88/C88M - Standard Test Method For Soundness Of Aggregates By Use Of Sodium Sulfate Or Magnesium Sulfate

AASHTO T 104 - Standard Method of Test for Soundess of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

ب. الأدوات المستخدمة:

1. مناخل المواد الناعمة من رقم 4 إلى رقم 100.
2. مناخل المواد الخشنة من 63 ملم إلى 8 ملم.
3. إناء تغمر فيه العينة بالمحلول.
4. جهاز أوتوماتيكي للنخل.
5. ميزان وفرن تجفيف.
6. محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم.

ج. طريقة الاختبار:

1. لاختبار الركام الناعم لابد أن يكون ماراً من منخل 9.5 ملم للحصول على ما لا يقل وزنه عن 100 جم لكل من المناخل التي تليها، ثم تغسل العينة على منخل 0.3 ملم وتجفف بالفرن وتوزن لأقرب 0.1 جم.
2. لاختبار الركام الخشن لا بد أن يكون محجوزاً على منخل رقم (4) للحصول على ما لا يقل وزنه عن التالي:

جدول (3-5-4-1) وزن الركام الخشن حسب المنخل لاختبار تآكل الركام

المنخل بالملم	الوزن بالجرام
9.5 – 4.75	5 ± 300
19 –9.5	10 ± 1000
37.5 – 19	50 ± 1500
63 – 37.5	300 ± 5000
الأحجام الأكبر موزعة بمقدار منخل حجم 25 ملم، كل جزء	1000 ± 7000

3. وتغسل العينة وتجفف وتوزن لأقرب 1 جم.
4. تغمر العينة في إناء به محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم لمدة لا تقل عن 6 ساعات ولا تزيد عن 18 ساعة على أن يغطي المحلول العينة تماماً ويزيد عنها بمقدار 12.7 ملم، ويغطى الإناء حتى لا يتبخر المحلول، كما يجب أن تكون درجة الحرارة 21 درجة مئوية طيلة مدة الغمر.
5. بعد انتهاء مدة الغمر تزال العينة ثم تترك لينـزل منها المحلول لمدة 15 دقيقة وتوضع في فرن درجة حرارته 110 درجة مئوية ثم تترك العينة لتبرد، وتكرر العملية الواردة في الخطوة رقم 3 عدة مرات.
6. بعد نهاية الغمر بالمحلول تغسل العينة بالماء حتى يزول المحلول تماماً، ويمكن التأكد من أن المحلول تم غسله بواسطة إضافة محلول كلوريدات الباريوم Barium Chloride مع الماء وملاحظة التفاعل.

7. بعد انتهاء عملية الغسل تجفف العينة بالفرن، ثم تنخل ميكانيكياً على نفس المناخل التي سبق تحضيرها بها لمدة 10 دقائق وتوزن العينات.
8. تتم معاينة العينات الأكبر من منخل 19 ملم أثناء عملية الغمر، وبعد الانتهاء من الاختبار من ناحية تأثرها بالمحلول وعدد العينات التي تأثرت، وتكسرها أو تشققها وما إلى ذلك.
9. يحسب المقدار المفقود من وزن الركام للمواد المارة من المناخل مقارنةً مع وزن الركام قبل بدء الاختبار، وتحسب النسبة المئوية إلى أقرب 0.1%، وتحسب المواد المارة من منخل 0.3ملم على أن المقدار المفقود هو صفر %.

5-5-3 إيجاد كمية المواد الناعمة التي هي أنعم من منخل 75 ميكرون بطريقة الغسيل

يتم في هذا الاختبار تحديد المواد الناعمة المارة من منخل رقم (200)(75 ميكرون) في الركام.

أ. المواصفات الفنية

ASTM C117 - Standard Test Method For Materials Finer Than 75-µm (No. 200) Sieve In Mineral Aggregates By Washing.

AASHTO T 11 - Standard Method of Test for Materials Finer Than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing.

ب. الأجهزة

تتكون من منخلين أحدهما يعلو الآخر، الأسفل هو رقم 200 والأعلى رقم 16، وكلاهما مطابق للمواصفات القياسية للمناخل.

1. وعاء ذو حجم مناسب وكاف لاستيعاب العينة المغطاة بالماء، ويسمح بالحركة الشديدة دون فقدان أو تناثر الماء أو العينة.
2. ميزان ذو حساسية 0.1% من وزن المادة المطلوب اختبارها.
3. فرن قادر على إعطاء درجة حرارة 5 ±110 °م.
4. مواد ترطيب كالصابون والذي يساعد على انفصال المواد الناعمة.

ج. وزن العينة:

يتم اختبار عينة مخلوطة جيداً وتحوي رطوبة كافية لمنع انفصال الحبيبات بحيث يكون أدنى وزن جاف مقابل لأقصى حجم كالتالي:

جدول (3-5-5-1) أدنى وزن جاف للعينة مقابل لأقصى حجم للحبيبات

أقصى حجم	رقم 8 (63.2 ملم)	رقم 4 (57.4 ملم)	رقم 3/8" (5.9 ملم)	رقم 3/4" (91 ملم)	رقم 1 1/2" (5.73 ملم)
أدنى وزن للعينة (كجم)	0.1	0.5	1	2.5	5

د. طريقة الاختبار:

1. تجفف العينة إلى وزن ثابت في درجة حرارة 110±5°م وتوزن لأقرب 0.2٪.
2. يتم وضع العينة بالوعاء ويضاف إليها ماء يكفي لغمرها مع الصابون للتأكد من انفصال المواد الناعمة، ويرجّ محتوى الإناء جيداً، ويصب ماء الغسيل مباشرة فوق المنخلين، ويفضل استعمال ملعقة كبيرة للرج والهز للمواد في الماء بحيث يعطي الغسيل نتيجة مقبولة.
3. تكرر عملية الغسيل حتى تصبح مياه الغسيل صافية.
4. يتم جمع المواد المحجوزة على المنخلين بصينية، ثم يتم تجفيفها إلى وزن ثابت بدرجة حرارة 110±5°م.

هـ. الحسابات:

$$\text{نسبة المواد المارة من المنخل رقم 200} = \frac{\text{الوزن الجاف الأصلي} - \text{الوزن الجاف بعد الغسيل}}{\text{الوزن الجاف الأصلي}} \times 100$$

و. التقرير:

يبين التقرير كمية المواد الناعمة من المنخل 0.075ملم (رقم 200) لأقرب 0.2%.

3-5-6 تحديد كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في الركام

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

أ. المواصفات الفنية:

ASTM C142/C142M - Standard Test Method For Clay Lumps And Friable Particles In Aggregates

AASHTO T 112 - Standard Method of Test for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregate

ب. الجهاز

1. ميزان بدقة 0.1% من وزن العينة.
2. أوعية بحجم وشكل يسمح بانتشار العينة الموجودة بالقاع على شكل طبقة رقيقة.
3. مناخل قياسية.
4. فرن تجفيف بحرارة 110± 5° م (230±9° ف).

ج. العينات

1. يتكون الركام المطلوب لهذا الاختبار من المواد المتبقية بعد الانتهاء من اختبار آشتو (AASHTO T 11) والخاص بتحديد المواد المارة من المنخل 75 ميكرون من الركام المعدني بواسطة الغسيل، وقد يكون ضرورياً خلط مواد من أكثر من اختبار آشتو (AASHTO T11) لتوفير الكميات المطلوبة.
2. يجفف الركام في درجة حرارة 5° ±110م.
3. تتكون عينات اختبار الركام الناعم من الحبيبات المحجوزة على منخل 1.18ملم بوزن لا يقل عن 25 جم.
4. تفصل عينات اختبار الركام الخشن باستخدام المناخل التالية 4.75ملم، 9.5ملم، 19ملم، 37.5ملم، على ألا يقل وزن عينة الاختبار عن الأوزان الموضحة بالجدول التالي:

جدول (3-5-6-1) الوزن المطلوب لعينات اختبار تحديد كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت في الركام

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	أقل وزن لعينة الاختبار (كجم)
4.75 – 9.5 ملم (رقم 4 – 3/8")	1
9.5 – 19 ملم (3/8" – 3/4")	2
19 – 37.5 ملم (3/4" – 1 1/2")	3
أكبر من 37.5 (1 1/2")	5

4. في حال وجود خليط من الركام الناعم والخشن يفصل الخليط على منخل رقم (4) وتجهز العينات حسب البندين 3، 4.

ه. طريقة الاختبار:

1. توزن عينة الاختبار وتنشر على شكل طبقة رقيقة في قاع الوعاء وتغمر بالماء لمدة 24 ساعة ± 4 ساعات، 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 التالي:

جدول (3-5-6-2) حجم المناخل اللازمة لإزالة المتبقي من كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت

حجم الحبيبات التي تتكون منها العينة	حجم المناخل اللازمة لإزالة المتبقي من كتل الطين والحبيبات سهلة التفتت
ركام ناعم على المنخل 1.18 ملم (رقم 16)	0.85 ملم (رقم 20)
4.75 – 9.5 ملم (رقم 4 إلى "3/8)	2.36 ملم (رقم 8)
9.5 – 19 ملم ("3/8 – "3/4)	2.36 ملم (رقم 8)
19 – 37.5 ملم ("3/4 – "1 1/2)	4.75 ملم (رقم 4)
أكبر من 37.5 ("1 1/2)	4.75 ملم (رقم 4)

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

ملاحظة:

* يتم تكسير الحبيبات سهلة التفتت بعصرها ودحرجتها بين إصبعي السبابة والإبهام ولا تستخدم الأظافر لتكسيرها أو ضغطها على سطح صلب.

* ترفع الحبيبات المحجوزة بعناية من المنخل وتجفف على حرارة 5° ±110م ويتم تبريدها ثم توزن لأقرب 0.02% من وزن العينة الأصلي.

و. الحسابات:

$$ط = \frac{و - و م}{و} \times 100$$

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 تفصيلا، ولا تختبر أحجام الركام الممثلة بأقل من 5% من أي حجم مبين في البند (4-1) ولكن لأغراض حساب متوسط الوزن فيفترض أنها تحتوي على نفس النسبة المئوية لكتل الطين والحبيبات سهلة التفتت للحجم الثاني الأكبر أو الأصغر أيهما وجد.

7-5-3 تقدير المواد اللدنة الناعمة في المواد الصلبة المتدرجة والتربة بطريقة المكافئ الرملي

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D2419 – 14 – Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

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

ب. الجهاز:

1. أسطوانة قياس شفافة ومدرجة قطرها الداخلي 1.25 بوصة وبارتفاع نحو 17 بوصة، وبتدرج حتى 15 بوصة وبتقسيم كل 0.1 بوصة لكل جزء.
2. أنبوبة من النحاس بقطر خارجي 1/4 بوصة نهايتها مغلقة، وبها ثقبان مقاس 60 بالقرب من طرفها.
3. وعاء زجاجي أو بلاستيكي حجم 1 جالون مزود بتركيبة سيفون مكوّنة من سدّادة بها ثقبين وأنبوبة ملونة نحاسية مثنية، وتوضع الزجاجة على ارتفاع 3 أقدام أعلى منضدة العمل.
4. خرطوم مطاط قطر 3/16 بوصة مزود بضاغط لقطع التيار، وهذا الخرطوم لتوصيل الأنبوبة النحاسية مع السيفون.
5. قاعدة ثقل مكونة من قضيب معدني بطول 18 بوصة مزود من نهايته السفلية بقاعدة مخروطية بقطر 1 بوصة، والقاعدة 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 الإجمالي 1 كجم.
6. علبة قياس حجم 3 أوقية (85 سم^3).
7. قمع واسع لنقل التربة إلى الأسطوانة.

شكل (3-5-7-1) جهاز تحديد المكافئ الرملي

محاليل الاختبار المستخدمة في التجربة:

1. 454 جم كلوريد كالسيوم غير متميّع.
2. 2050 جم (1640 سم3) جليسرين (U.S.P).
3. 47 جم (45 سم3) فورمالدهايد (40 ٪ بالحجم).

- يذاب كلوريد الكالسيوم في 1/2 جالون من الماء ثم يبرد ويرشح بورقة ترشيح رقم (12) أو أي ورقة ترشيح مشابهة.
- يضاف الجلسرين والفورمالدهايد إلى المحلول المرشح ويخلط جيداً ثم يخفف إلى 1 جالون، ويمكن أن يكون الماء مقطراً أو ماء شرب جيد.
- يخفف 85 سم3 من المحلول السابق إلى حجم 1 جالون من ماء الشرب وتملأ الأسطوانة المدرجة حتى علامة 4.4 بوصة للحصول على 85 سم3 من المحلول.
- ويمكن اختبار صلاحية ماء الشرب بمقارنة نتائج اختبار المكافئ الرملي باستخدام هذا الماء مع النتائج باستخدام الماء المقطر.

ج. خطوات العمل:

1. تحضير العينة: يفضل أن تكون العينة المراد اختبارها رطبة ثم تفصل على منخل رقم 4، وإذا كانت الحبيبات الخشنة مغلّفة بمواد لا يمكن إزالتها بالفصل فإنها تجفف ثم تفرك باليد ويضاف الغبار إلى الجزء الناعم من العينة.
2. تجهيز السيفون للعمل وفتح الضاغط.
3. يفرغ المحلول بواسطة السيفون وتملأ أسطوانة الاختبار حتى عمق 4 بوصة.

4. يفرغ في الأسطوانة حجم علبة قياس من عينة التربة أي ما يعادل 110 جم 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 10 دقائق.
5. بعد ذلك تغطى الأسطوانة بواسطة سدّادة ثم ترجّ بشدة من جانب لآخر باتجاه أفقي، وتعمل 90 دورة في نحو 30 ثانية بحيث يكون المشوار نحو 8 بوصات (20سم)، 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.
6. تزال السدّادة وتوضع الأنبوبة النحاسية مكانها 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 15 بوصة ترفع الأنبوبة النحاسية بهدوء بدون قطع تيار الماء بحيث يحافظ على منسوب السائل عند نحو 15 بوصة أثناء سحب الأنبوبة ثم تترك المواد بدون قلقلة لمدة 20 دقيقة مع العلم أن أي اهتزاز أو قلقلة أثناء هذه الفترة سوف تؤثر على معدل ترسّب الطين وبالتالي إعطاء نتيجة غير سليمة.
7. بعد 20 دقيقة يسجل منسوب سطح الطين العالق إلى أقرب 0.1 بوصة.
8. 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.

د. **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.

8-5-3 تحديد وزن وحدة الحجوم (Standard Test Method for Unit Weight and Voids in Aggregate)

تشمل هذه الطريقة خطوات تحديد وزن وحدة الحجوم للمواد الناعمة والخشنة والمخلوط منها لاستخدامها في الخرسانة الأسمنتية.

أ. **المواصفات الفنية:**

ASTM C29/C29M - Standard Test Method For Bulk Density (“Unit Weight”) And Voids In Aggregate

AASHTO T 19M/T 19 - Standard Method of Test for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

شكل (3-5-7-2) الوعاء المستخدم لتحديد وزن وحدة الحجوم للمواد

ب. **الأجهزة:**

1. ميزان ذو حساسية تصل إلى 0.3% من وزن العينة.
2. قضيب دك من الصلب قطره 5/8 بوصة تقريباً وطوله 24 بوصة وإحدى نهايتيه مستديرة على هيئة نصف كرة قطرها 5/8 بوصة.
3. مكيال معدني وأسطواني الشكل ويكون مستوياً من أعلى وأسفل لضبط القياس الداخلي كما يجب أن يكون صلباً يتحمل الاستعمال الشديد. والمكاييل واحد 1/2 3 قدم وواحد 3 قدم يجب أن تسلّح من أعلى بشريط من الصلب رقم 10 أو رقم 12 ذو عرض 1 1/2 بوصة.

ويعتمد حجم المكيال المطلوب على الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة حسب الجدول التالي:

جدول (3-5-8-1) حجم المكيال المطلوب حسب الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة

السعة متر-X١٠٤ ٣	القطر الداخلي (مم)	الارتفاع الداخلي (مم)	السماح الأدنى (مم)		أقصى مقاس اسمي للركام (مم)
			السطح السفلي	الجدار	
28.317	2.5 ± 152	2.5 ± 154	5	2.5	13
94.39	2.5 ± 203	2.5 ± 292	5	2.5	25
141.585	2.5 ± 254	2.5 ± 279	5	3	38
283.17	2.5 ± 356	2.5 ± 284	5	3	101

جدول رقم (3-5-8-2) درجات الحرارة المطلوبة حسب الحجم الأقصى للحبيبات الخشنة

درجة الحرارة		رطل / قدم مكعب	كجم / م٣
درجة فهرنهايت	درجة مئوية		
60	15.6	62.366	999.01
65	18.3	62.336	998.54
70	21.1	62.3001	997.97
73.4	23	62.274	997.54
75	23.9	62.261	997.32
80	26.7	62.216	996.59
85	29.4	62.166	995.83

ج. عينة الاختبار

يتم الحصول على عينة الاختبار بالوزن المطلوب بطريقة المقسّم الميكانيكي أو التقسيم الرباعي طبقاً لطريقة آشتو (AASHTO T-248) ثم يجفف الجزء الذي تم اختياره لوزن ثابت على درجة حرارة 110± 5° م وتخلط جيداً.

د. معايرة المكيال

1. يملأ المكيال بالماء عند درجة حرارة الغرفة، ويغطى بلوح زجاجي بحيث تزال الفقاعات والمياه الزائدة.
2. يحدد وزن الماء الصافي بالمكيال بدقة ± 0.1٪.
3. تقاس درجة حرارة الماء ويحدد وزن وحدة الحجوم للماء من الجدول السابق، وتؤخذ قيم متوسطة عند الضرورة.
4. يحسب معامل المكيال، وذلك بقسمة وحدة الحجوم للماء على الوزن المطلوب لمل ء المكيال.

ه. طريقة الدمك

تنطبق هذه الخطوات على المواد ذات أقصى مقاس 11/2 بوصة أو أقل.

1. يملأ المكيال لثلثه ويسوّى المنسوب الأعلى بالأصابع ويدك سطح الطبقة بقضيب الدك 25 مرة موزّعة على كل السطح، ثم يملأ المكيال للثلث الثاني ويدك 25مرة، ثم يملأ المكيال لنهايته ويدك 25 مرة، وتزال المواد الزائدة باستعمال الجزء المستقيم لقضيب الدك وذلك للتسوية.
2. يراعى عند دك الطبقة الأولى ألا يسمح للقضيب بأن يخترق الطبقة إلى قاع المقياس، وعند دك الطبقة الثانية والنهائية يكون الدك كافياً لأن يخترق القضيب قاع الطبقة السابقة لها للمواد الموضوعة في المكيال.
3. يحدد الوزن الصافي للمواد في المكيال ويتم الحصول على وزن وحدة الحجوم للمواد بضرب الوزن الصافي للمواد في المعامل المحدد في البند الرابع من معايرة المكيال.

و. طريقة الهز

1. تطبق هذه الطريقة للمواد ذات أقصى مقاس 11/2 بوصة ولا يزيد عن 4 بوصة.
2. يملأ المكيال على ثلاث طبقات متساوية الثلث الأول والثاني والثالث للمكيال، وتدمك كل طبقة بوضع المكيال على قاعدة ثابتة مثل أرضية من الخرسانة الأسمنتية، وترفع الجوانب المتقابلة للمكيال بالتناوب نحو 2 بوصة من القاعدة، ثم تسقط فجأة كضربة فجائية فتنظم الحبيبات نفسها بهذه الطريقة وتصبح بحالة دمك تام، وتدمك كل طبقة بضرب المكيال 50 مرة بالطريقة الموضحة أعلاه، أي 25 مرة لكل جانب، ثم تسوّى المواد بالإصبع أو بقضيب مستقيم بحيث يكافئ أي بروز أو نتوء للقطع الكبيرة من المواد الخشنة الفراغات الأكبر في سطح المواد تحت مستوى حافة المكيال العلوية.
3. يحدد الوزن الصافي للمواد داخل المكيال ثم يتم الحصول على وزن وحدة الحجوم بضرب الوزن الصافي للمواد في معامل المكيال.

ز. طريقة الجاروف

1. تنطبق هذه الطريقة على المواد ذات أقصى مقاس 4 بوصة أو أقل.
2. يملأ المكيال إلى نهايته بواسطة الجاروف أو المغرفة (Scoop) على ألا يزيد الارتفاع الذي تفرغ منه المواد عن 2 بوصة من أعلى المكيال، ويجب أخذ الاحتياط قدر الإمكان لمنع أي انفصال حجمي للعينة، ويسوّى سطح المواد بالأصابع أو بأداة مستقيمة بحيث يكافئ أي بروز للقطع الكبيرة من المواد الخشنة الفراغات الأكبر في سطح المواد تحت مستوى حافة المكيال العلوية.
3. يحدد الوزن الصافي للمواد ويتم الحصول على وزن وحدة الحجوم بضرب الوزن الصافي في معامل المكيال.

3-6 فحوصات الأسفلت والخلطات الأسفلتية

3-6-1 اختبارات الأسفلت السائل

3-6-1-1 أخذ عينات ممثلة للمواد الأسفلتية (Materials Sampling Asphalt)

أ. المواصفات الفنية:

AASHTO R-66 – Standard Practice for Sampling Asphalt Materials.

تنطبق هذه الطريقة على كيفية أخذ عينات ممثلة للمواد الأسفلتية سواء كانت من النوع السائل أو نصف الصلبة أو الصلبة من موقع التصنيع أو محطة التخزين أو عند 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 الأسفلتية. 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 الحد الأدنى لحجم المواد السائلة كالآتي:

- لتر واحد للاختبارات المخبرية الروتينية للمستحلبات.
- لتر واحد من مادة الأسفلت الرابطة.
- يكون حجم العينات نصف الصلبة أو الصلبة كالآتي:

من واحد إلى اثنين كيلوجرام من البراميل أو الأسطوانات أو القوالب.

3-6-1-2 درجة الوميض ودرجة الاشتعال بطريقة طبق كليفلاند المفتوح (Flash Point of Asphalt Binder (by Cleveland Open Cup

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 °219م أو أكثر من °400م.

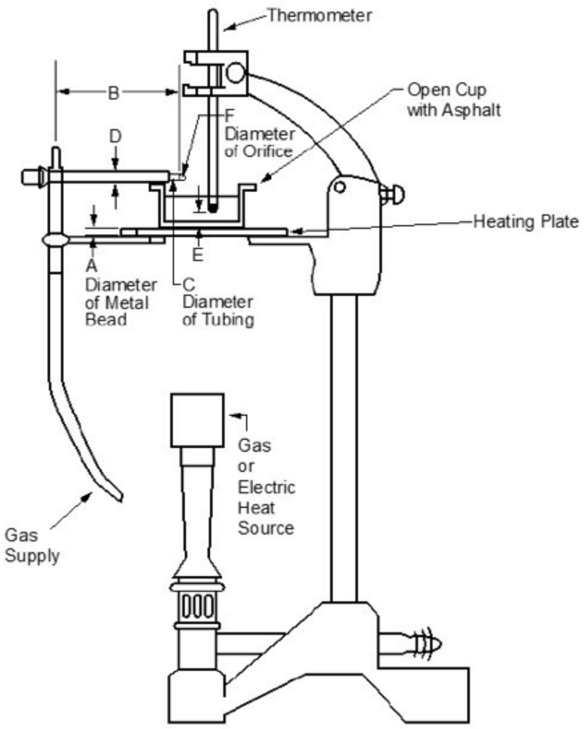
أ. المواصفات الفنية:

AASHTO T 48 – Standard Method of Test for Flash Point of Asphalt Binder by Cleveland Open Cup

ب. طريقة الاختبار:

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

تسجل حرارة نقطة الوميض عند قراءتها على مقياس درجة الحرارة بمجرد ظهور الوميض عند أي نقطة على سطح الزيت مع عدم خلط الوميض الحقيقي مع اللهب الأزرق المحيط بلهب الاختبار. ويستخدم لإجراء الاختبار طبق كليفلاند المفتوح، ويتكون من طبق الاختبار ولوحة التسخين ولهب الاختبار وسخان كما في شكل (3-6-1-1).



شكل (3-6-1-1) جهاز كليفلاند

3-6-1-3 تحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية (Penetration of Bituminous Materials)

تصف هذه الطريقة أسلوب تعيين مقدار الغرز للمواد البيتومينية نصف الصلبة 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 عشر المسافة بالمليمتر، التي تخترقها إبرة قياسية رأسياً في عينة من المادة تحت ظروف ثابتة من درجة الحرارة والتحميل والوقت.

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D5/D5M – Standard Test Method For Penetration Of Bituminous Materials

AASHTO T 49 – Standard Method of Test for Penetration of Bituminous Materials

ب. جهاز الغرز:

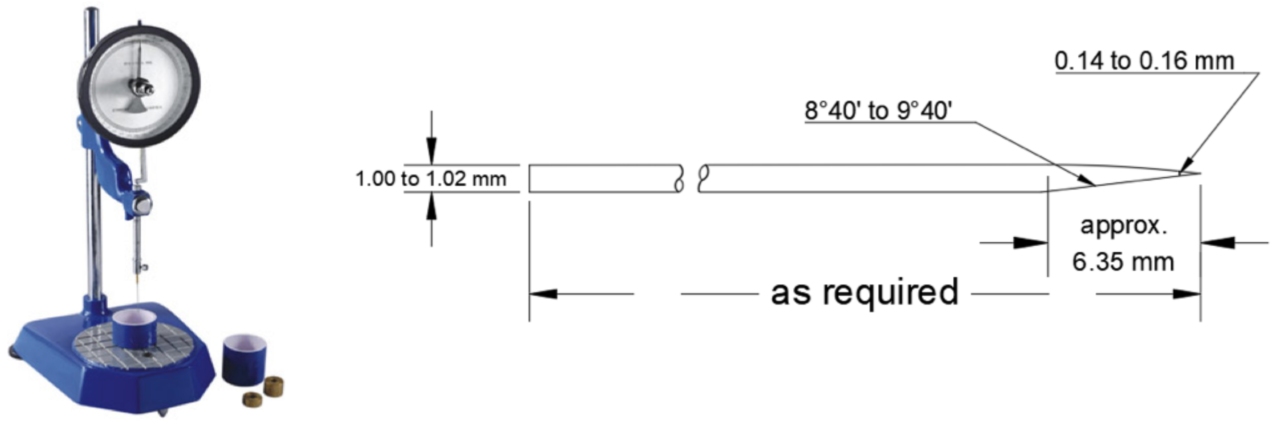
يمكن قبول أي جهاز يسمح بحركة المحور عموديا بدون أي احتكاك يذكر، ويشير على قراءات الغرز بدقة إلى أقرب 0,1 مم ليعطي نتائج تتفق مع وصف مصطلح الغرز، ويجب أن يكون السطح الذي يرتكز عليه وعاء العينة مسطحاً، ويكون المحور ضاغطا على هذا السطح بزاوية 90 درجة تقريباً، كما يجب أن يكون حمل المحور قابلاً للفصل عن الجهاز بدون استعمال أي أدوات خاصة للتأكد من وزنه.

وعندما يتم تركيب الإبرة فـي الجلبة، يجب أن يكون وزن المحور المتحرك ±47.5 0.05 جرام وبغض النظر عن طريقة تثبيت الإبرة، يجب أن يكون الوزن الكلي للإبرة والمحور معاً 50 ± 0.1جرام.

كما يجب أن توفر أوزان 50 ± 0.05 جرام و 100 ± 0.05 جرام لكي تكون هناك أحمال كلية تزن 100جرام و200جرام (تقريبا ما يعادل 1.0 نيوتن و2.0 نيوتن) اعتماداً على ظروف الاختبار المطلوب تطبيقها.

ج. الإبرة:

تصنع الإبرة الموضحة في شكل (3-6-1-2) من قضيب مصنوع من فولاذ مطبّع (مغطس) وصلب تماماً لا يصدأ، ذي درجة حرارة 440°م أو مساوٍ له. طول الإبرة 50 مم (2 بوصة) تقريباً وقطرها يتراوح بين 1.00 و 1.02 مم (0.039 إلى 0.040 بوصة) على أن يكون أحد أطرافها مستدقاً على شكل مخروط بزاوية تتراوح بين 8.7 إلى 9.7 درجة من بعد الطول الكلي ذي القطر الكامل للإبرة، كما يجب أن يتطابق محوره مع محور الإبرة في حـدود 0.02 مم (0.008بوصة) على الأكثر، وبعد القطع يجب تجليخ نهاية المخروط لتكون مخروطاً ناقصاً ويكون قطر قاعدته الصغرى بين 0.14 إلى 0.16 مم (0.0055 إلى 0.0063 بوصة) كما يجب أن يكون المقطع مربعاً عند اتصاله بمحور الإبرة في حدود درجتين ويكون الحرف حاداً وخالياً من الرايش.



شكل (3-6-1-2) إبرة اختبار الغرز

عند قياس ملمس السطح للمخروط المستدق باستخدام المواصفة القياسية رقم (B46.1) التابعة للمعهد الوطني الأمريكي للتقييس أو ISO 468 - يكون المتوسط الحسابي لارتفاع وعورة السطح من 0.2 إلى 0.3 ميكروميتر (8 إلى 12 ميكروبوصة).

يتراوح طول الجزء المعرض من الإبرة عند تركيبها في طرف جهاز الغرز أو في الجلبة ما بين 40 إلى 45 مم تقريباً (1.57 إلى 1.77بوصة)، وعند تثبيت الإبرة في الجلبـة التي تكون عبارة عـن قضيب أسطواني قطره 3.2 ± 0.05 مم (0.126 ± 0.002 بوصة) وبطول 38 ± 1 مم (1.5 بوصة± 0.04 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 2.50 ± 0.05 جرام (يسمح بوجود ثقب في نهاية الجلبة للتحكم في الوزن).

د. الوعاء:

يصنع الوعاء الذي تختبر فيه العينة من المعدن أو الزجاج على شكل أسطواني وتكون قاعدته مسطحة، والوعاء الذي يستخدم للمواد التي تكون درجة الغرز لها 200 أو أقل يجب أن يكون له سعة 3 أوقيات (90 مليليتر)، ويجب أن تكون أبعاده الداخلية كما يلي: القطر 55مم (2.17 بوصة) والعمق 35 مم (1.38 بوصة).

ه.   الحمام المائي:

يجب أن تعادل درجة حرارة الحمام المائي °25م°0.1±م أو درجة حرارة أخرى لا تتغيير عن أكثر من °0.1م من درجة حرارة الاختبار، ويجب ألا تقل كمية الماء عن 10 لتر، كما يجب أن يكون ارتفاع الحمام بحيث يكون الرف المثقب على بعد 50مم على الأقل فوق قاع الحمام، ويكون مستوى سطح الماء أعلى من قمة الرف المثقب بـ 100 مم على الأقل، ويجب عدم السماح بتلوث الحمام المائي بالزيت أو الطين، ويمكن استخدام محلول الملح في الحمام المائي لرصد درجات الحرارة المنخفضة. إذا كانت اختبارات درجة الغرز ستتم بدون نقل العينة من الحمام المائي، فيجب تزويده برف قوته كافية لتحمل جهاز الغرز.

و.   مقاييس لدرجة الحرارة:

المقاييس الآتية متوافقة مع متطلبات مواصفات جمعية اختبار المواد الأمريكية المطلوبة:

جدول (3-6-1-1) المقاييس المعتمدة لتحديد درجة الغرز للمواد البيتومينية

رقم ASTM	مجال
17م أو 17ف	19 إلى 27°م (66 إلى 80°ف)
63م أو 63ف	8 إلى 32°م (18 إلى 89°ف)
64م أو 64ف	25 إلى 55°م (77 إلى 131°ف)

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) . في حال استخدام مقاييس أخرى، يجب معايرتها وفقا للمواصفات (ASTM E1137/E1137M).

ز.   طبق النقل الخاص بالوعاء

عند استخدامه يجب أن يكون طبق النقل الخاص بالوعاء أسطوانيا ذا قاع مسطح مصنوع من زجاج أو معدن، كما سيزود الوعاء ببعض الوسائل كي تؤمن قوة لحمله ومنع اهتزازه، ويكون له إجمالا قطر داخلي بمقدار 55مم ("2.17) على الأقل ويكون العمق الذي يعلو القاع الحامل بمقدار 35مم ("1.38) على الأقل، بالأخذ بعين الإعتبار درجة غرز أقل من 200مم.

ح.   أداة توقيت

يمكن استخدام أي أداة توقيت مناسبة لأجهزة غرز يدوية التشغيل مثل جهاز كهربائي، ساعة إيقاف، أو جهاز آخر مزود بزنبرك شرط أن يكون مدرجاً إلى 0.1 ثانية أو أقل، وتكون الأجهزة ذات دقة تصل الى درجة ± 0.1 ثانية لفترة 60 ثانية. أيضاً، يمكن استخدام عداد ثواني مسموع يضبط لإصدار دقة كل 0.5 ثانية، ويجب الـ 11 عدة أن تستغرق فترة زمنية قدرها ± 0.1ثانية. في حال وجود جهاز توقيت أتوماتيكي متصل بجهاز الغرز، على الجهاز أن يكون معايراً بدقة ليعطي فترة لا تتخطى الاختبار المرغوبة ب ± 0.1 ثانية.

ط.   تجهيز العينة

1. يتم تسخين العينة مع الحرص على عدم تعرضها لتسخين موضعي عال، إلى أن تصبح سائلة. ثم يتم تسخينها مع التقليب المستمر دون أن تتجاوز درجة حرارة العينة الأسفلتية درجة حرارة الطراوة ب °60م في حال استعمال أسفلت القطران (Tar Pitch) ، بالتوافق مع طريقة الاختبار D36، أو أكثر من °90م في حال استعمال الأسفلت البترولي (Bitumen). يجب أن يتم تسخين العينة لوقت كاف يضمن سيولتها. مع تجنب احتواء العينة على فقاقيع هوائية. بعد ذلك، تصب العينة في الوعاء بحيث بعد تبريدها إلى درجة حرارة الاختبار، يفوق عمقها العمق المتوقع لاختراق الإبرة بـ 120% على الأقل، ويجب أن تصب عينات منفصلة عند كل تغيير في ظروف الاختبار.
2. يغطى كل وعاء ومحتوياته لحمايته من الغبار، ويترك ليبرد في الهواء عند درجة حرارة لا تزيد عـن °30 م (86 ° ف) ولا تقل عن °15 م (59 °ف) لمدة تتراوح بين 20 و40 دقيقة وذلك لوعاء صغير جدا (33x8)مم، ولمدة لا تقل عن ساعة ولا تزيد عن ساعة ونصف وذلك لوعاء متوسط الحجم (55x35)مم، و لمدة لا تقل عن ساعة ونصف ولا تزيد عن ساعتين لوعاء كبير. ثم توضع العينة في الحمام المائي الذي يكون في درجة الحرارة المعينة للاختبار فوق طبق النقل (إذا تم استخدامه).

ي. طريقة الاختبار:

1. ما لم يذكر خلاف ذلك، يوضع وزن مقداره 50 جراماً فوق الإبرة ليصبح الحمل الكلي 100±0.1 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.إذا 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 زمنية محددة، ويضبط الجهاز لقياس المسافة المخترقة (عشر المليميتر) ويتم ملاحظة وعاء العينة عند استخدام الإبرة، وإذا لوحظت أي حركة للوعاء فيجب إهمال هذه النتيجة وإعادة التجربة.
2. يجب تسجيل ما لا يقل عن ثلاث قيم غرز عند نقاط على سطح العينة بحيث لا يقل بعدها عن جدار الوعاء عن 10 مم (3/8 بوصة)، ولا يقل البعد بينهما عن 10 مم (3/8 بوصة)، وإذا تم استخدام طبق النقل يعاد الطبق والعينة إلى الحمام 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 200، مع تركها في العينة حتى إتمام الغرز.

ك. التقرير:

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

جدول (3-6-1-2) الفرق الأقصى بين القيم التي يتم الحصول عليها من اختبار الغرز

الغرز من	صفر	50	150	250
إلى	49	149	249	500
أقصى فرق بين أعلى وأقل قيم يتم الحصول عليها	2	4	12	20

ل. الدقة:

يتم تحديد المجال المقبول لنتيجتين (بثقة 95%) من خلال ضرب الانحراف المعياري ب 2.83 وتحويل الرقم إلى أقرب رقم كامل (دون فواصل).

3-6-1-4 اللزوجة الحركية للأسفلت (Kinematic Viscosity of Asphalts)

أ. المواصفات الفنية:

ASTM D21702170/M-18 – Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Asphalts

AASHTO T 201 – Standard Method of Test for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumens)

ب. المجال:

1. تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة الحركية على درجة حرارة 60° م (140 °ف) للأسفلت السائل (البيتومين) وزيوت الطرق والجزء المتبقي من تقطير الأسفلت السائل (البيتومين)، وعلى درجة حرارة 135°م (275 °ف) للأسفلت شبه الصلب (ملحوظة 1) وذلك للزوجة تتراوح بين 6 إلى 100.000مم 2/ث (سنتي ستوك CST).
2. يمكن استخدام النتائج من هذه الطريقة لحساب اللزوجة عندما تكون كثافة المادة المختبرة معلومة عند درجة حرارة الاختبار أو يمكن حسابها.

ملحوظة (1) تصلح هذه الطريقة للاستخدام عند درجات حرارة أخرى ولكن الدقة المقبولة المعطاة في حالة تطبيق هذه الطريقة على الأسفلت السائل وزيوت الطريق عند 60° م (140 °ف) وكذلك على الأسفلت شبه الصلب عند 135°م (275 °ف) فقط للزوجة تتراوح بين 30 و 6000 مم2/ث (سنتي ستوك CST).

ج. ملخص الطريقة:

تقاس المدة الزمنية اللازمة لانسياب حجم معين من السائل في مسار دقيق داخل أنبوب شعري ذي أنبوبة شعرية معايرة، وذلك تحت ضغط قابل للتكرار بدقة وعند درجة حرارة متحكم فيها إلى حد كبير. بعد ذلك، تحسب اللزوجة الحركية بضرب زمن الانسياب بالثواني بعامل معايرة مقياس اللزوجة.

د. تعريفات:

1. اللزوجة الحركية

هي نسبة عامل اللزوجة من كثافة السائل، وهي معيار لمقاومة تدفق السائل تحت تأثير الجاذبية.

وحدة اللزوجة الحركية في النظام المتري الفرنسي هي 1 سم^2/ث وتسمى ستوك (1ستوك)، أما في النظام المتري العالمي فإن وحدة اللزوجة الحركية هي 1 م2/ث وهي تكافئ 10٤ ستوك. والوحدة الأكثر إستخداما هي سنتي ستوك أي 1 مم^2/ث، ويمكن كتابة 1 سنتي ستوك =10-2 ستوك.

2. الكثافة

هي الوزن على الكتلة الواحدة للسائل، وهي تساوي 1 جم/سم3 في النظام المتري الفرنسي وتساوي 1كجم/م3 في النظام الدولي للوحدات.

3. اللزوجة

درجة اللزوجة هي النسبة بين إجهاد القص المؤثر ومعدل القص بعامل اللزوجة، وبهذا يكون هذا العامل مقياساً لمقاومة الانسياب للسائل وهو يسمى عموماً لزوجة السائل، ووحدة اللزوجة في النظام الفرنسي المتري هي 1جم/سم.ث (1 داين.ث/سم2) وتسمى بويز (Poise) بينما وحدة اللزوجة في النظام الدولي للوحدات هي 1 نيوتن ث/م2 وهي توازي 10 بويز وغالباً ما تستخدم وحدة سنتي بويز (1 سنتي بويز = 10-2 بويز).

ه. الأجهزة المستخدمة:

1. أجهزة لقياس اللزوجة (VISCOMETERS)

تستخدم مقاييس اللزوجة من الطراز الشعري وهي تصنع من زجاج البورسيليكات الصلب، وهي مناسبة لهذا الاختبار وتتضمن ما يلي:

- مقياس اللزوجة من نوع (كانون - فينسك) للسوائل المعتمة
- مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع المتقاطع
- مقياس اللزوجة من نوع (لانتز- زيتفوس)
- مقياس اللزوجة المطابق للمواصفات البريطانية المعدل ذو الانسياب العكسي وهو على شكل أنبوبة.

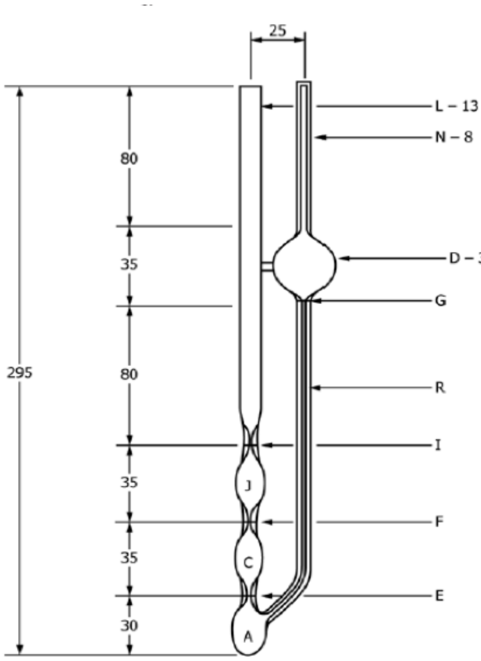
2. أجهزة قياس درجة الحرارة (THERMOMETERS)

تتميز مقاييس درجة الحرارة الخاصة باللزوجة الحركية والمعايرة طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد بمدى 58.6°م إلى 61.4°م (137.5 °ف إلى 142.5 °ف) و 133.6°م إلى 136.4°م (272.5 °ف إلى 277.5 °ف) وتطابق متطلبات المقاييس أرقام 47 و 110°م (47 و 110°ف) على الترتيب.

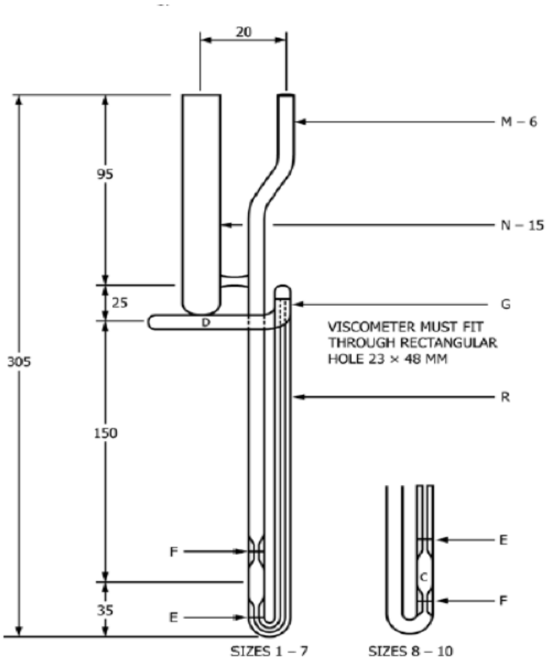
ويسمح باستخدام وسائل أخرى لقياس درجات الحرارة شرط أن تكون دقتها وحساسيتها تساوي إن لم تزد عن تلك المقاييس المبينة في المواصفات المذكورة.

تم توحيد مقاييس درجة الحرارة (المقاييس) 47 °م و 110 °م (47 °ف و110 °ف) 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 فلا بد من تحديد التصميمات اللازمة لكل مقياس على حدى، 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.



شكل (3-6-1-3 -أ) مقياس اللزوجة من نوع (كانون - فينسك) المستعرض



شكل (3-6-1-3 -ب) مقياس اللزوجة من نوع (زيتفوس) ذو الذراع

3. الحمام المائي

يكون الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة (VISCOMETER) بحيث لا يقل منسوب أعلى خزان السائل أو قمة القناة الشعرية (أيهما أعلى من الآخر) عن 20 مم من 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 فعالية التقليب والتوازن بين مقدار الحرارة المفقودة ومقدار الحرارة الداخلة حيث إن الحرارة الداخلية للوعاء لا تفرق أكثر من 0.03°± م (± 0.05° ف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو من مقياس لزوجة لآخر في مواضع مختلفة من الحمام، أو من مقياس لآخر الموضوعين في مختلف الأوعية على حرارة 60 °م (140° ف).

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

4. أجهزة التوقيت

1. أداة التوقيت

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

2. أداة توقيت كهربائية

وهي تستخدم فقط بالدوائر الكهربائية التي يصل التحكم في ترددادتها إلى دقة ٪0.05 أو أفضل.

وقد تلاحظ أن التيارات الكهربائية المترددة التي يكون التحكم في تردداتها متقطعا وليس مستمراً (كما هو الحال في أكثر أنظمة الطاقة العامة) تؤدي إلى أخطاء كبيرة خاصة خلال فترات التوقيت القصيرة عند استخدامها لتشغيل أدوات التوقيت الكهربائية.

5. إعداد العينة

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

5-1 الطريقة المستخدمة للأسفلت السائل (البيتومين) وزيت الطرق.

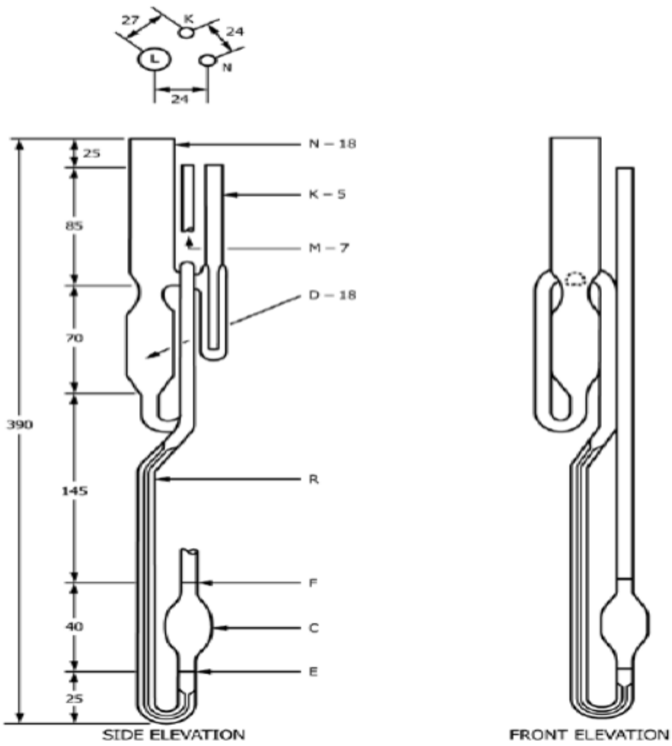
- تترك العينات التي تم استلامها كما هي حتى تصل إلى درجة حرارة الغرفة.
- يفتح وعاء العينة وتخلط العينة جيداً بالتقليب لمدة 30 ثانية مع مراعاة عدم إيجاد هواء محبوس بها، وإذا كانت العينة لزجة لدرجة تصعب عملية التقليب، يسمح بوضع العينة داخل وعاء محكم تماماً في حمام أو فرن ذي درجة حرارة ثابتة عند 63±3° م (145 ± 5° ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي للتقليب.
- يتم صب العينة في مقياس اللزوجة فوراً. أما إذا كان إجراء الاختبار سيتم فيما بعد، فيتم صب نحو 20 مليلتر داخل وعاء أو عدة أوعية نظيفة جافة ذات سعة 30 مليلتر تقريباً ثم يغلق الوعاء أو الأوعية بإحكام فوراً بغطاء يمنع دخول الهواء.
- في حالة المواد ذات اللزوجة الحركية الأكبر من 800 مم2/ث (سنتي ستوك) على حرارة 60°م (140°ف) يجرى تسخين العينة ذو حجم 20 مليلتر داخل الوعاء المحكم في فرن أو حمام على درجة حرارة تساوي 63± °3م (145 ± 5 °ف) حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لتنقل بسهولة داخل مقياس اللزوجة ويجب ألا تزيد فترة التسخين عن 30 دقيقة.

5-2 الخطوات المتبعة للأسفلت شبه الصلب (ASPHALT CEMENT)

- يتم تسخين العينة بالعناية اللازمة لتجنب التسخين الموضعي الزائد حتى تصبح سائلة بالقدر الكافي لصبها ثم تقلب العينة بين الحين والآخر للمساعدة في انتقال الحرارة ولضمان التجانس الجيد.
- ينقل ما لا يقل عن 20 مليلتر في الوعاء المناسب ليبدأ التسخين حتى تصل درجة الحرارة إلى 135 ± 5.5° م(275 ± 10 °ف)، ويستمر التقليب بين الحين والآخر لتجنب التسخين الموضعي الزائد مع مراعاة عدم احتباس الهواء.

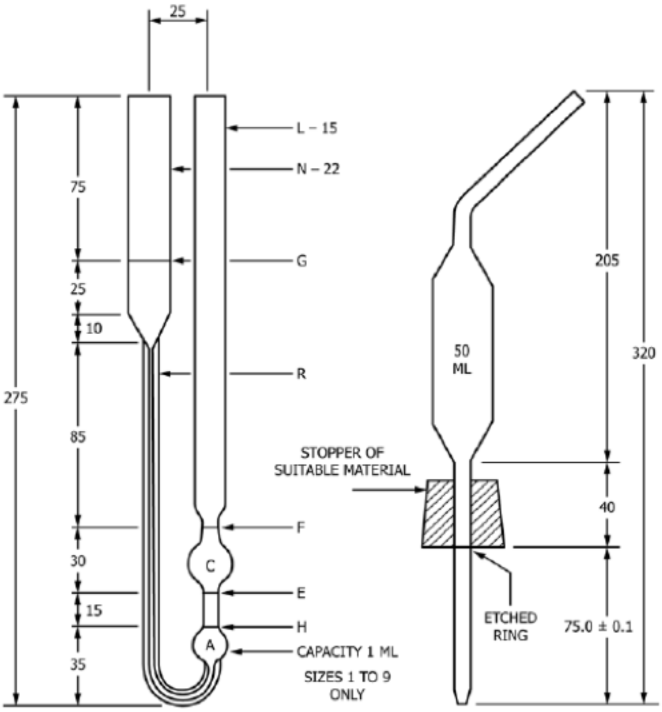
أ. خطوات الاختبار

1. تختلف قليلاً التفاصيل اللازمة لإجراء الاختبار تبعاً لنوع مقياس اللزوجة المستخدم من حيث تعليمات الاستخدام لابد من اتباع الطريقة المبينة بالبنود (2g-) إلى (8g-) في جميع الحالات.
2. يحفظ الحمام عند درجة حرارة الاختبار في حدود ± 0.01° م (± 0.02 °ف)، وتجرى التصحيحات اللازمة، إن وجدت، لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة.
3. يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف بحيث يعطي فترة زمنية للانسياب أكثر من 60 ثانية ثم يسخن مسبقاً إلى درجة حرارة الاختبار.



المسقط الجانبي المسقط الرأسي

شكل (3-6-1-3-ج) مقياس اللزوجة من نوع (لانتز - زيتفوس)



المسقط الجانبي المسقط الرأسي

شكل (3-6-1-3-د) مقياس اللزوجة ذو الانسياب العكسي

شكل (3-6-1-3) مقياس اللزوجة

4. يملأ مقياس اللزوجة بالطريقة المبينة طبقاً لتصميم الجهاز.
5. يترك مقياس اللزوجة الممتلئ في الحمام مدة كافية حتى يصل إلى درجة حرارة الاختبار.
6. يبدأ انسياب الأسفلت في مقياس اللزوجة.
7. يجرى قياس الزمن اللازم لمرور الحافة المتقدمة للسطح الهلالي للسائل من العلامة الأولى إلى العلامة الثانية بدقة 0.1 ثانية، فإذا قل زمن الانسياب عن 60 ثانية لابد من اختيار مقياس لزوجة آخر ذو قناة شعرية يقل قطرها عن الأولى. ثم تكرر العملية.
8. بعد الانتهاء من الاختبار ينظف مقياس اللزوجة جيداً بشطفه عدة مرات بمذيب مناسب يكون قابلاً للامتزاج التام بالعينة ثم يعقبه شطف بمذيب متطاير تماماً. وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار هواء بطيء مرشح ومجفف خلال القناة الشعرية لمدة دقيقتين أو حتى يزول كل أثر للمذيب، ولابد من تنظيف الجهاز دورياً بمحلول حمض الكروميك لإزالة الرواسب العضوية ثم يشطف بعد ذلك بالماء المقطر والأسيتون الخالي من الرواسب ويجفف أخيراً بهواء جاف مصفى.

ب. الحسابات

تحسب اللزوجة الحركية لأقرب ثلاثة أرقام صحيحة باستخدام المعادلة التالية:

اللزوجة الحركية، مم2/ث (سنتي ستوك) = م . ز

حيث:

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

ز = زمن الانسياب (ث).

ج. التقرير

لابد دائماً من تسجيل درجة حرارة الاختبار مع النتائج، فمثلاً:

- اللزوجة الحركية عند 60° م (140 °ف) تساوي 75.6 سنتي ستوك.

د. درجة الدقة

يبين الجدول أدناه معيار الحكم على مدى قبول نتائج اختبارات اللزوجة بهذه الطريقة.

يراعى أن القيم المعطاة بالعمود الثاني هي معاملات التباين التي وجد أنها تلائم مواد وظروف الاختبار الموصوفة في العمود الأول. وتعتبر القيم المعطاة في العمود الثالث أنها الحدود التي لا يجب أن يتجاوزها الفرق بين نتيجتين لاختبارين تم إجراؤهما على النحو الصحيح.

جدول (3-6-1-3) المعيار لقبول نتائج اختبارات اللزوجة

المادة ودليل النوع	معامل التباين (نسبة مئوية من المتوسط (أ)	الحدود المقبولة لنتيجتين نسبة مئوية من المتوسط (أ)
دقة تكرار النتائج من مختبر واحد		
أسفلت سائل عند 135°م (275° ف)	0.64	1.8
أسفلت سائل عند 60°م (140°ف)		
أقل من 3000 سنتي ستوك	0.53	1.5
من 0003 إلى 6000 سنتي ستوك	0.71	2.0
أعلى من أو يساوي 6000 سنتي ستوك	3.2	8.9
دقة تكرار النتائج من مختبرات مختلفة		
أسفلت سائل عند 135°م (275° ف)	3.1	8.8
أسفلت سائل عند 60°م (140°ف)		
أقل من 3000 سنتي ستوك	1.06	3.0
من 0003 إلى 6000 سنتي ستوك (ب)	3.11	9.0
أعلى من أو يساوي 6000 سنتي ستوك (ب)	3.6	10.0

ه. المعايرة

تتم معايرة مقياس اللزوجة الروتيني باستخدام المعايير للسوائل اللزوجة ليتم اختبار سائل اللزوجة - من جدول (3) - له زمن انسياب لا يقل عن 200ث وذلك عند درجة حرارة المعايرة وتفضل أن تكون 37.8°م (100° ف) ويحدد زمن الانسياب لأقرب 0.1 ثانية، ثم يحسب مقياس اللزوجة (ب) كما يلي: ب = ج / ن

حيث:

ج = لزوجة السائل القياسي، مم²/ث (سنتي ستوك)

ن = زمن الانسياب (ثانية)

ويلاحظ أن ثابت مقياس اللزوجة لا يعتمد على درجة الحرارة لأي نوع من أنواع مقاييس اللزوجة التالية:

1. زيتفوس ذو الذراع المستعرض
2. 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) = $ب_م$ [(1 + م) ($هـ_ح$ – $هـ_ل$)] .

حيث:

ب م = ثابت مقياس اللزوجة عند ملئه واختباره عند نفس درجة الحرارة

هـ = درجة الحرارة

م = عامل يعتمد على درجة الحرارة

ح، ل = تشير الأولى (ح) إلى درجة حرارة الاختبار بينما تشير الثانية (ل) إلى درجة حرارة الملء

ويحسب الثابت الذي يعتمد على درجة الحرارة باستخدام المعادلة التالية:

$$\text{العامل, م} = 4\,\text{أ ج} / \pi\,\text{ق}^2\,\text{ف} = \frac{4\text{ج}\,(\text{ث}_{\text{ل}} - \text{ث}_{\text{ج}})}{\pi\,\text{ق}^2\,\text{ف}\,\text{ث}_{\text{ج}}\,(\text{هـ}_{\text{ج}} - \text{هـ}_{\text{ل}})}$$

حيث:

ج = حجم الشحنة (سم^3)

ق = القطر المتوسط لسطح السائل في الخزان العلوي.

ف = متوسط علو الضغط المؤثر.

أ = معامل التمدد الحراري لعينة الاختبار بين درجة حرارة الملء ودرجة حرارة الاختبار.

ث = الكثافة جم/سم.

الرموز السفلية (ج، ل) = كما هو مبين سابقاً.

إذا استخدم مقياس اللزوجة عند موضع يختلف عن موضع مختبر المعايرة، يجب تصحيح الثابت (ب) للفرق في عجلة الجاذبية (ع) عند الموضوعين كما يلي:

$$\text{ث}_2 = \frac{\text{ع}_2 \times \text{ث}_1}{\text{ع}_1}$$

حيث:

ث_2 = ثابت المعايرة في مختبر الاختبار

ث_1= ثابت المعايرة في مختبر المعايرة

ع_2= عجلة الجاذبية ب مختبر الاختبار

ع_1= عجلة الجاذبية ب مختبر المعايرة

ويجب أن تذكر شهادات مقاييس اللزوجة قيمة "ع" في موضع مختبر المعايرة، ويلاحظ أن الخطأ في تصحيح فعل الجاذبية يساوي 0.2%.

جدول (3-6-1-4) المواصفات القياسية لزيوت اللزوجة

المواصفات القياسية لزيوت اللزوجة طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد اللزوجة	الحركية التقريبية، مم^2/ث (سنتي ستوك)		
	عند 04°م (401° ف)	عند 05°م (221° ف)	عند 001°م (212° ف)
د 60	54	35	7.5
د 200	180	110	20
د 600	520	310	50
د 2000	1600	800	72
د 8000	6700	**3200**	240
د 30000	23000	**11000**	630

معايرة مقياس لزوجة روتيني بمقياس لزوجة قياسي

يتم اختبار أي زيت بترولي له زمن انسياب لا يقل عن 200 ثانية. ويختار كذلك مقياس لزوجة قياسي مع اختيار قيمة الثابت "ب" له. يكون 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.

يتم وضع مقياس اللزوجة القياسي مع مقياس اللزوجة المطلوب معايرته في داخل الحمام نفسه، ثم يحدد زمن انسياب الزيت بالطريقة المبينة بالبند السادس.

يحسب الثابت (ب) كما يلي:

$$ب_1 = \frac{ت_2 \times ب_2}{ت_1}$$

حيث:

$ب_1$ = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة الروتيني

$ت_1$ = زمن الانسياب بمقياس اللزوجة الروتيني لأقرب 0.1ث

$ب_2$ = الثابت (ب) لمقياس اللزوجة القياسي

$ت_2$ = زمن الانسياب بمقياس اللزوجة القياسي لأقرب 0.1ث

3-6-1-5 اللزوجة للأسفلت من خلال مقياس فراغ اللزوجة الشعرية (Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer)

أ. **المواصفات الفنية:**

ASTM D 21712171/M-18 – Standard Test Method For Viscosity Of Asphalts By Vacuum Capillary Viscometer

AASHTO T 202 – Standard Method of Test for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer

ب. **المجال**

تغطي هذه الطريقة عمليات تحديد اللزوجة الظاهرية للأسفلت (البيتومين) باستخدام مقاييس اللزوجة الشعرية بالتفريغ على درجة حرارة °60م (140 °ف)، وهو يستخدم لمواد ذات لزوجة تتراوح بين 0.036 و 200.000 بويز.

ملحوظة:

تعتبر هذه الطريقة مناسبة الاستخدام على درجات حرارة أخرى، إلا أن الدقة المذكورة محددة تعتمد على قرارات تتعلق بالأسفلت شبه الصلب على درجة حرارة °60م (°140ف).

ج. **ملخص الطريقة**

يقاس الوقت اللازم لسحب مقدار معين من السائل من خلال أنبوبة شعرية بواسطة التفريغ، وذلك تحت ظروف يتم التحكم بها، إلى حد ما، من حيث التفريغ ودرجة الحرارة. تحسب اللزوجة المطلقة بالبويز كحاصل ضرب وقت الانسياب بالثواني بثابت معايرة مقياس اللزوجة.

د. **التعريفات**

1. تعتبر اللزوجة المطلقة أو الديناميكية لسائل نيوتوني هي الاحتكاك الداخلي الذي ينشأ إذا أثرت قوة مماسة مقدارها (1) داين على مستويات لها وحدة المساحات يفصل ما بينها وحدة المسافات وذلك بسرعة مماسة قدرها وحدة السرعات، وفي هذه الحالة فإن لزوجة السائل تساوي (1) بويز.
2. السائل النيوتوني هو السائل الذي يتناسب فيه معدل القص مع إجهاد القص وتكون نسبة إجهاد القص من معدل القص الثابتة هي لزوجة السائل، فإذا لم تكن هذه النسبة ثابتة كان السائل غير نيوتونى.

ه. **الجهاز والمعدات المستخدمة**

1. مقياس درجة الحرارة

مقياس الحرارة الخاص باللزوجة الحركية طبقاً لمواصفات الجمعية الأمريكية لاختبار المواد على درجة حرارة °60م (140 °ف)، ويطابق متطلبات مقياس درجة الحرارة 47ف و47م المحدد بالمواصفات، ويجب استخدام الأدوات لقياس درجات الحرارة شرط أن تكون متوافقة مع متطلبات هذا الإختبار المحددة في المواصفات الأمريكية.

لقد تم معايرة مقياس درجة الحرارة المذكور عند الغمر التام والذي يعني الغمر حتى قمة محور الزئبق بينما يكون المتبقي من الساق وغرفة التمدد الموضوعة على أعلى مقياس درجة الحرارة تكون معرضة لدرجة حرارة الغرفة. لا يوصى بإجراء الغمر الكلي التام لمقياس درجة الحرارة لأنه إذا غمرت هذه المقاييس تماماً، فإنه يجب أن تجرى تصحيحات لكل مقياس على حدى على أساس المعايرة تحت ظروف الغمر التام بعد تحديدها. إذا غمر المقياس كلياً في حمام أثناء الاستخدام، فإن ضغط الغاز بغرفة التمدد يكون أعلى أو أقل عما يكون أثناء عملية المعايرة، مما قد يؤدي إلى قراءات عالية أو منخفضة على مقياس درجة الحرارة.

2. الحمام المستخدم

يعتبر الحمام مناسباً لغمر مقياس اللزوجة إذا ما كان سائل الوعاء أو أعلى الشعيرة، أيهما أعلى، تنخفض عن سطح السائل بالحمام بمقدار لا يقل عن 20 مم، وكذلك عند رؤية كلٍّ من مقياس اللزوجة أو مقياس درجة الحرارة بوضوح، ولا بد من التثبيت الجيد لمقياس اللزوجة.

كما يجب أن تكون فعالية التقليب والإتزان بين الفقد في الحرارة والحرارة الداخلية بالقدر الذي لا تتغير معه درجة حرارة سائل الحمام بأكثر من ± 0.03° م (±0.05 °ف) على امتداد طول مقياس اللزوجة أو ما بين مقياس لزوجة وآخر في مواضيع مختلفة بالحمام.

3. نظام التفريغ

يستطيع نظام التفريغ المحافظة على قدر من التفريغ في حدود ± 0.5 مم من المنسوب المطلوب على ألا يتعدى 40 كيلو باسكال (300 مم زئبق)، ويجب استخدام أنابيب زجاجية قطرها الداخلي 6.35مم (1/4بوصة) كما يجب أن تكون جميع المفاصل الزجاجية محكمة ضد تسرب الهواء بحيث لا يبين المانومتر الزئبقي ذو الطرف المفتوح والمدرج أي فقد في التفريغ عندما يكون النظام مغلقاً، ويمكن استخدام مضخة تفريغ كمصدر للتفريغ.

4. أداة التوقيت

تستخدم ساعة إيقاف أو أي أداة توقيت أخرى مدرجة إلى أقسام يعادل القسم الواحد منها 0.1 ثانية أو أقل وتبلغ دقتها في حدود 0.05% عند اختبارها عبر فترات زمنية لا تقل عن 15 دقيقة.

5. أدوات توقيت كهربائية

وهي لا تستخدم إلا مع دوائر كهربائية يتم التحكم في تردداتها بدقة 0.05% 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.

أ. إعداد العينة

- 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.
- ينقل قدر من العينة لا يقل عن 20 ملليتر إلى وعاء مناسب ثم يسخن حتى 135° ± 5.5°م (275° ±10°ف) ويجرى تقليبها بين الحين والآخر للحيلولة دون حدوث تسخين موضعي زائد مع مراعاة العناية لعدم حبس هواء بالعينة.

ب. طريقة العمل

1. تختلف التفاصيل المحدودة لعمل الاختبار قليلاً تبعاً لنوع مقاييس اللزوجة (انظر الأشكال (3-6-1-7، 8، 9))، 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 مع مجال ± 0.03°م (±0.05°ف) للتغيير، وتجرى التصحيحات اللازمة إذا لزم ذلك لجميع قراءات مقياس درجة الحرارة.
- يتم اختيار مقياس لزوجة نظيف وجاف يعطي زمن انسياب أكبر من 60 ثانية، ثم يسخن حتى درجة 135 ± 5.5°م (275 ± 10 °ف).
- يملأ مقياس اللزوجة بصب العينة المعدة في حدود ± 2 مم من خط الملء (ه) (انظر الأشكال (3-6-1-7، 8، 9)).
- يوضع مقياس اللزوجة الممتلئ في فرن أو حمام عند درجة حرارة ثابتة مقدارها 135 ± 5.5°م (275 ± 10 °ف) لمدة 10 ±

2 دقائق لضمان خروج فقاعات الهواء الكبيرة.

- ينقل مقياس اللزوجة من الفرن أو الحمام ثم يوضع خلال خمس دقائق في حامل ويضبط مقياس اللزوجة في وضع رأسي داخل الحمام بحيث لا تقل علامة التوقيت العليا عن 20 مم أسفل سطح السائل بالحمام.
- يتم إحداث تفريغ قدره 40 ± 0.07 كيلو باسكال (300 ± 0.5 مم زئبق) في جهاز التفريغ ثم يوصل هذا الجهاز بمقياس اللزوجة والصمام المفصلي أو المحبس مغلقاً بالخط الموصل إلى مقياس اللزوجة.
- ويبدأ في انسياب الأسفلت داخل مقياس اللزوجة بعد انقضاء مدة ±30 5دقائق من بدء وجود مقياس اللزوجة داخل الحمام وذلك بفتح الصمام المفصلي أو المحبس بالخط الموصل لجهاز التفريغ.
- يقاس الزمن اللازم لتمر حافة سطح السائل العلوية بين زوجين متتابعين لعلامات التوقيت بدقة 0.1 ثانية، ويسجل زمن الانسياب الأول الذي يتجاوز 60 ثانية بين زوجين من علامات التوقيت مع ملاحظة تعيين زوج علامات التوقيت.

2. يعتبر تنظيف مقياس اللزوجة ذا أهمية قصوى، ويمكن اتباع أية طريقة للتنظيف شرط 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 135 ± 5.5°م(275 ± 41.9°ف) حتى ينساب الأسفلت 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 تماماً، وتجفف الأنبوبة بإمرار تيار بطيء من الهواء الجاف المرشح خلال الاختناق الشعري لفترة 120 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.

6-1-6-3 الطريقة القياسية لتحديد نقطة الطراوة

Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball) Apparatus

أ. المواصفات الفنية:

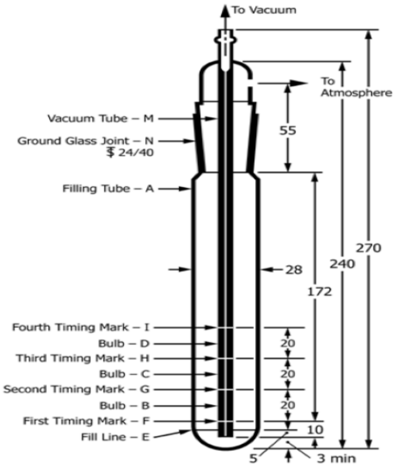
ASTM D36 -14e1 – Standard Test Method For Softening Point Of Bitumen ((Ring-And-Ball Apparatus

AASHTO T 53 – Standard Method of Test for Softening Point of Bitumen ((Ring-and-Ball Apparatus

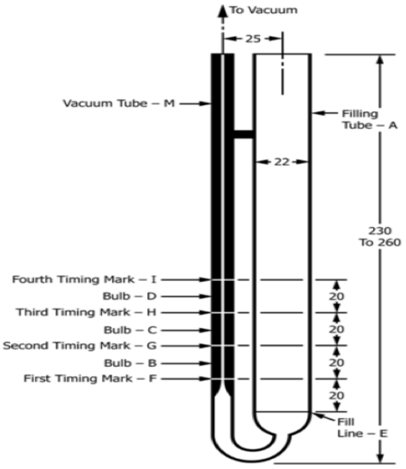
ب. مقدمة:

1. ينتقل البيتومين تدريجياً من حالة الصلابة، ويصبح أكثر طراوة وأقل لزوجة كلما ارتفعت درجة الحرارة ضمن مدى واسع من الحرارة.
2. كلما كانت نقطة الطراوة أعلى قلت حساسية البيتومين للحرارة، ولذلك تفيد هذه التجربة في مقارنة أنواع الأسفلت المختلفة، وهذا يساعد على تصنيف أنواع البيتومين، و بذلك يكون مؤشراً على ميل البيتومين للانسياب عند درجات الحرارة المرتفعة عندما يوضع على الطرق.
3. 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 المستعمل لملء الفواصل والشقوق ودهان الأسطح حيث أن نقطة الطراوة العالية تعني عدم انسياب البيتومين أثناء وبعد الاستعمال.

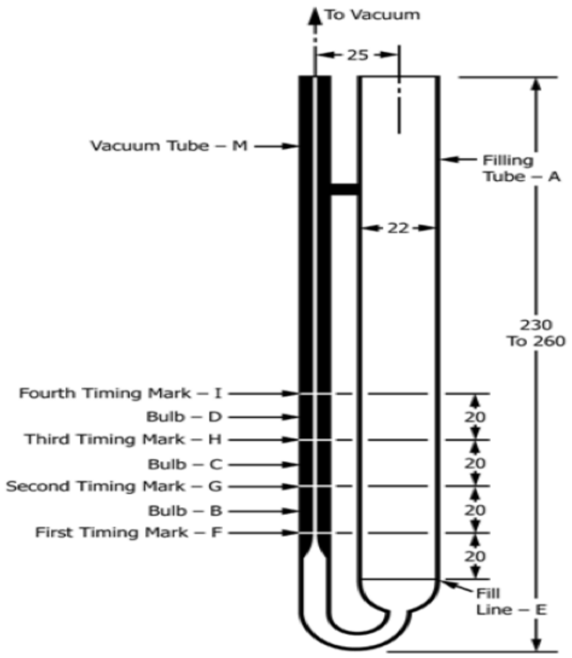
تعطي هذه التجربة تعيين نقطة الطراوة للأسفلت في مدى يتراوح من 30 إلى 157مْ (86 °ف إلى 315 °ف) باستخدام جهاز الحلقة والكرة في حمام ساخن به محلول الأيثيلين جليكول.



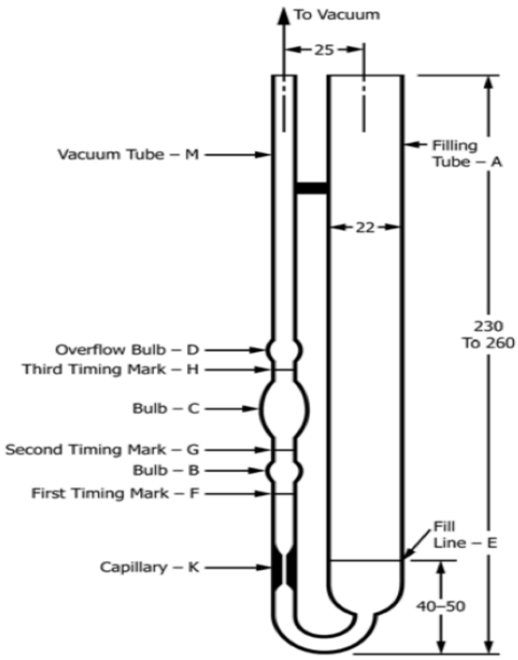
شكل (3-6-1-7-أ) مقياس اللزوجة الشعري المعدل لكوبر الأمريكي



شكل (3-6-1-7-ب) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لمعهد الأسفلت



شكل (3-6-1-7-ج) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لمعهد الأسفلت



شكل (3-6-1-7-د) مقياس اللزوجة الشعري بالتفريغ لكانون ماننج

شكل (3-6-1-7) مقياس اللزوجة الشعرية بالتفريغ

د. الجهاز:

1. حلقات من النحاس توافق الأبعاد الظاهرة في الشكل (3-6-1--10أ).
2. كرة من الصلب بقطر 3/8" (9.5 مم) وتزن 3.5± 0.05جم.
3. دليل مصنوع من النحاس لتحديد المركز للكرة كما هو مبين بالشكل (3-6-1--10ب).
4. حمام ذو قطر داخلي لا يقل عن 85مم و عمق لا يقل عن 120مم من أسفل الوهج، من نوع الكأس الثابت وبزجاج مقاوم للحرارة.
5. حامل الحلقة (شكل (3-6-1--10ج)).

- تثبت الحلقات في وضع أفقي بحيث يكون أسفل الحلقات على ارتفاع 1" (25مم) فوق السطح العلوي للوح السفلي ويجب أن تترك مسافة مقدارها 16±3 مم(5/8±1/8") بين السطح الأسفل من اللوح السفلي وقاع الحمام.
- يعلق مقياس الحرارة بحيث يكون قاع الانتفاخ مستوياً مع قاع الحلقات ويكون على مسافة 50 " (127مم) من الحلقات من غير لمسها.

5. مقياس الحرارة المستخدم لقياس درجة التطرية للمادة البيتومينية يكون له مدى من 2-°م إلى 80°م أي من 30°ف إلى 180°ف.
6. حمام السوائل – أيثلين جليكول ذو درجة غليان 160°م(320 °ف).

ه. العينات:

1. يتم تسخين البيتومين مع التحريك لمنع التسخين الموضعي حتى يصبح سائلاً يمكن سكبه، ويجب ألا يسخن الأسفلت الأسمنتي أكثر من 110°م (200 °ف) أعلى من نقطة الطراوة المتوقعة، و ألا يستمر التسخين أكثر من 30 دقيقة فوق لهب أو ساعتين في فرن مع تجنب حدوث فقاعات هوائية.
2. توضع الحلقات فوق سطح صلب مطلي بالجلسرين أو أي مادة مناسبة لمنع الالتصاق وتملأ الحلقات بالبيتومين حتى يصل إلى مستوى أعلى من حافة الحلقة، ثم تبرد العينات في الهواء لمدة نصف ساعة، ثم يزال الأسفلت الزائد بالسكين، ويجب أن ينتهي العمل خلال أربع ساعات.

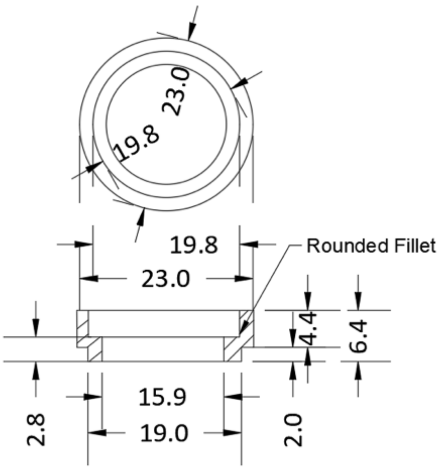
و. طريقة الفحص

1. توضع الحلقات الحاوية للعينات فوق القطعة المخصصة لحملها، ويوضع فوقها الحلقات (القطع) التي تبقي الكرة فوق الأسفلت في المركز وتغمر المجموعة في حمام من سائل الأيثيلين جليكول (Ethyleneglycol) وبعمق يتراوح بين 102 - 108 ملم بشكل يبعد أسفل اللوحة السفلية مسافة 25 ملم من قاع الوعاء ويوضع ميزان الحرارة في منتصف الوعاء رأسياً حتى يصل إلى مستوى الحلقات دون أن يلامس الحلقات أو اللوحة.
2. تثبت درجة الحرارة للحمام اللازمة لمدة 15 دقيقة.
3. توضع الكرات فوق عينات الأسفلت ضمن الحلقات التي تبقي الكرات في مركز العينة.
4. ابدأ التسخين بحيث ترتفع درجة الحرارة تدريجياً بمعدل 5°م كل دقيقة، ولا يجوز عمل معدل لتغير حرارة الاختبار عن 0.5°±م (1± °ف) كل دقيقة بعد مرور 3 دقائق، وتلغى أي تجربة لا يتم التحكم فيها بالحرارة بالمعدل المطلوب. ويستمر التسخين للكرات والعينة حتى تبدأ العينة بالانسياب والهبوط، وعندما تلامس العينة اللوحة السفلية تسجل درجة الحرارة، وقد تلامس إحد الكرات اللوحة قبل الأخرى فإذا كان الفرق بين الحرارة التي سجلت لتلامس الكرة الأولى والحرارة التي سجلت للثانية أعلى من درجة مئوية تعاد التجربة.

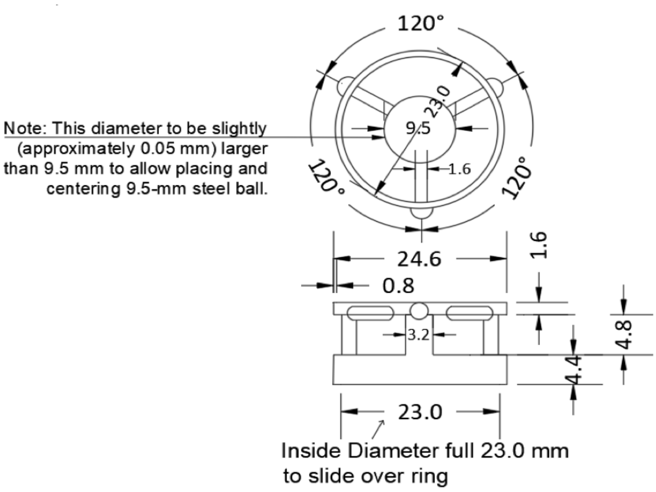
3-6-2 اختبارات الخلطات الأسفلتية المستخدمة في الرصف

وتشمل الآتي:

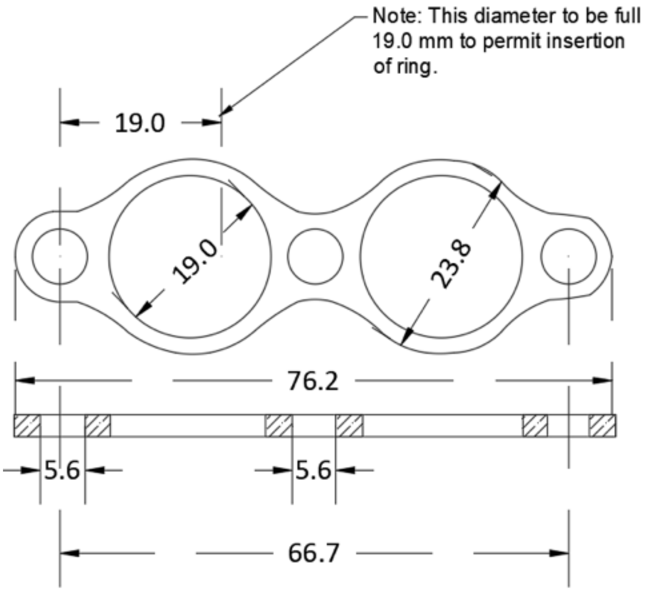
1. الطريقة القياسية لأخذ عينات ممثلة للخلطات الأسفلتية.
2. الطريقة القياسية لاستخلاص الأسفلت من الخلطات الأسفلتية وتحديد مكوناتها تحليل الخلطة الأسفلتية.
3. الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أسفلتية مدموكة باستعمال العينات المشبعة والمجففة السطح من الخارج.
4. الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي الأقصى للخلطات الأسفلتية غير المدموكة.
5. الطريقة القياسية لفحص مقاومة الخلطات الأسفلتية للانسياب اللدن باستعمال جهاز مارشال.



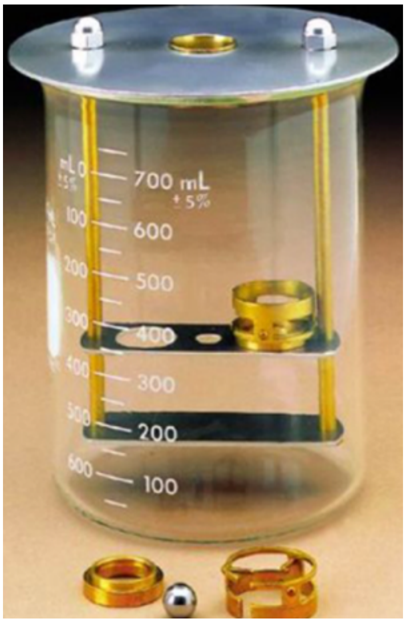
شكل (3-6-1-8 -أ) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - حلقة بحواف



شكل (3-6-1-8 -ب) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - دليل لتحديد مركز الكرة



شكل (3-6-1-8 -ج) جهاز درجة الطراوة للأسفلت - حامل الحلقة



شكل (3-6-1-8) جهاز درجة الطراوة للأسفلت

1-2-6-3 الطريقة القياسية لأخذ عينات ممثلة للخلطات الأسفلتية المستخدمة في الرصف

هذه الطريقة تحدد أسلوب أخذ العينات للخلطات الأسفلتية المستخدمة في الرصف وكذلك مواد الخلطة، وهذه العينات يمكن استخدامها كعينة ممثلة للخلطة الأسفلتية وكذلك لتحديد التغير الدوري في خواص الخلطة وذلك بهدف ضبط الجودة.

أ. المواصفة الفنية

AASHTO T 40 - Standard Practice for Sampling Asphalt Materials

ب. اختيار العينة

إن طريقة أخذ عينات ممثلة للمواد له نفس أهمية إجراء الاختبارات للمواد، ويجب اتخاذ كل الاحتياطات اللازمة للحصول على عينات ممثلة للخلطات الأسفلتية، فمثلاً يجب تفادي حدوث انفصال للمواد بين الركام الخشن وبين المواد الناعمة للخلطة الأسفلتية كما يجب اتخاذ الاحتياطات لمنع حدوث أي تلوث للعينات بواسطة الغبار أو أي مواد غريبة أخرى.

عينات الخلطة الأسفلتية التي تستخدم كعينات قبول أو رفض لغرض التحقق من مطابقة مواد التنفيذ وذلك طبقاً للخطوات المتبعة للمواصفات يجب أن تختار بواسطة مهندس ممثل للمالك أو من يمثله لذلك.

ج. حجم العينات

تعتمد كمية العينة على المقاس الاسمي الأكبر للحصى (الركام) والجدول الآتي يوضح أقل كمية مطلوبة:

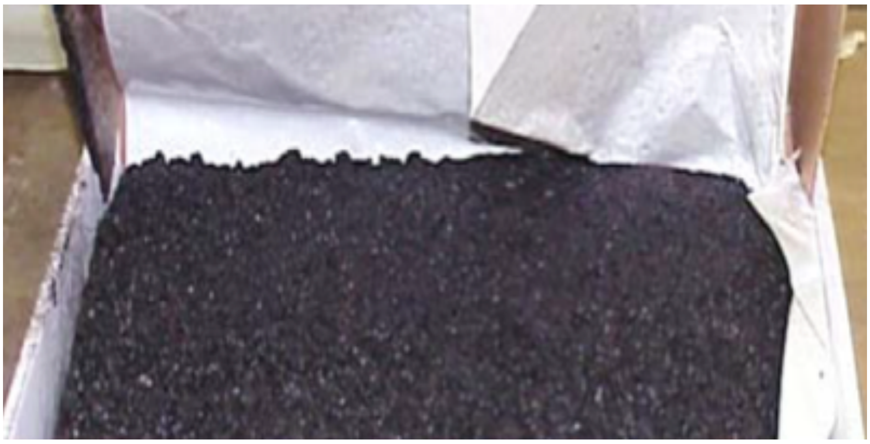
جدول (3-6-2-1) أقل وزن ومساحة للعينة باعتبار مقاس الركام

المقاس الاسمي الأكبر (ملم)	أقل وزن للعينة غير المدموكة (كجم)	أقل مساحة للخلطة المدموكة (سم2)
50	16	1450
37.5	11	950
25	9	950
19	7	650
12.50	5	400
9.50	4	250
4.75	2	250
2.38	2	250

د. 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 180درجة، 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.



شكل (3-6-2-1) العينات الممثلة المأخوذة عند أماكن الإنتاج بواسطة مغـرفة

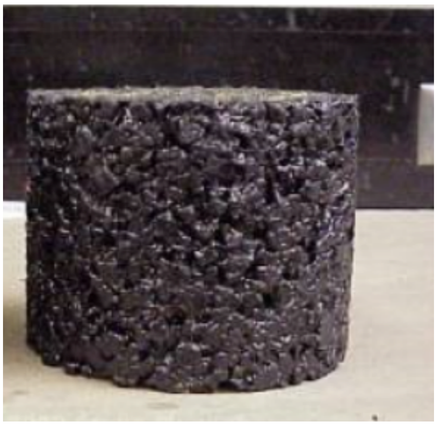
ه. العينات الممثلة المأخوذة أثناء الرصف

يجب ألا يقل حجم العينة المأخوذة من موقع تم رصفه (إعادة أخذ العينة من وراء الفرادة PAVER) ولغرض تحديد خواص الخلطة عن المساحة المذكورة في جدول رقم (3-6-2-1)، ويجب أن تمتد إلى كامل عمق طبقة الرصف، ويجب ألا يقل عدد العينات عن عينة واحدة لكل رصف يومي. كما يجب أن تقطع العينة بالطريقة المناسبة والتي تسمح بأقل تأثير على كثافة العينة، ويجب المحافظة على شكل العينة المأخوذة أثناء النقل وذلك بحمايتها ودعمها.

شكل (3-6-2-2) العينات الممثلة المأخوذة أثناء الرصف

و. 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 150م طولي وتختبر وحدها، وتؤخذ العينات بعد أن تتم تسوية الكومة عند نقطة واحدة إلى طبقة واحدة بسمك نحو 0.3م، ويتم أخذ عينات من ثلاثة أماكن مختلفة لغرض أخذ الكمية الكافية، وإذا كانت الخلطة قد تمت تسويتها في الطريق فإن العينة تؤخذ كل 150م طولي، وإذا أريد أخذ عينات إضافية من الخلطة للتأكد من تجانسها فإنها تؤخذ كل 150م طولي وعلى بعد 0.6م من مسافة الرصف، وتتخذ الاحتياطات لتفادي قطع مواد من طبقة الأساس أو تحت الأساس الموجودة أسفل طبقة الأسفلت.



شكل (3-6-2-3) العينات الممثلة المأخوذة من الخلطات المخلوطة بنفس الموقع

2-2-6-3 الطريقة القياسية لاستخلاص الأسفلت من الخلطات الأسفلتية وتحديد مكونات الخلط

تحدد هذه التجربة تعيين كمية الأسفلت (البيتومين) الموجودة في الخلطات الأسفلتية الساخنة ولعينات الأسفلت المستعملة على الطرق، وتجرى كذلك تجربة التدرج الحبيبي للركام بعد استخلاص الأسفلت، وتستعمل هذه الطريقة من أجل تحديد مطابقة الخلطات للمواصفات وتقويمها وضبط الجودة.

أ. **المواصفات الفنية**

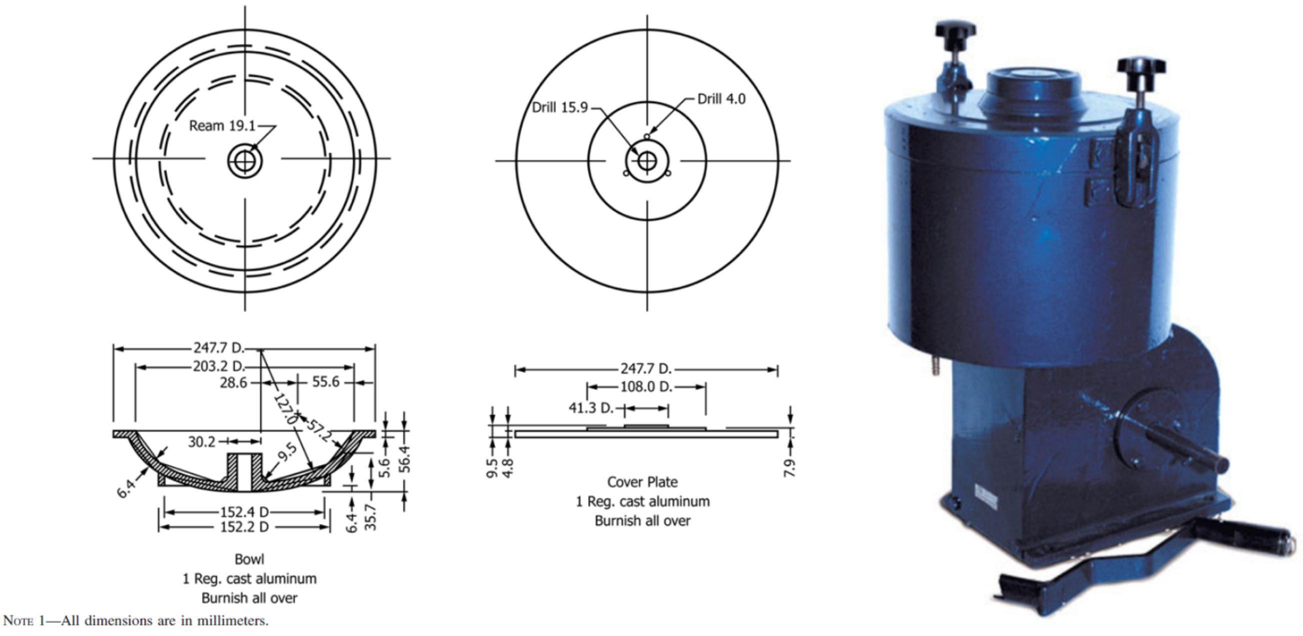
AASHTO T 164 - Standard Method of Test for Quantitative Extraction of Asphalt Binder from Hot Mix Asphalt (HMA)

ب. الأجهزة

- جهاز الاستخلاص مؤلف من وعاء له غطاء محكم ويدور بسرعة قصوى مقدارها 3600 دورة في الدقيقة، ويتم التحكم بالسرعة يدوياً أو بتحديد السرعة مسبقاً، ويوجد فتحة في الوعاء لخروج السائل مع مدرج لجمع السائل الخارج من الوعاء.
- ورق ترشيح على هيئة حلقات بمقاس الوعاء سمكه 0.005±0.05 بوصة.
- ميزان، ولوحة تسخين كهربائية، ومخبار مدرج 5 ملم، فرن درجة حرارته °110م، وبوتقة للحرق سعتها 125ملم، ووعاء تجفيف200-100 محكم الإغلاق، ومناخل قياسية.

ج. المحاليل

- محلول الترايكلورو أيثيلين. Trichloroethelene
- محلول كربونات الأمونيوم ((NH4) 2 Co3).



شكل (3-6-2-4) وعاء جهاز الاستخلاص

د. 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 الجدول الآتي:

جدول (3-6-2-2) وزن العينة الأسفلتية الأدنى للإستخلاص

المقاس الاسمي الأكبر للركام (ملم)	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	0.500

إذا كانت العينة بها رطوبة نسبتها أكبر من 0.1٪ 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 الترايكلورو 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 إلى 3600 دورة في الدقيقة، حتى يتوقف انسياب المحلول من الجهاز، ثم يوقف الجهاز، وتوضع 200ملم من المحلول، وتعاد التجربة عدة مرات حتى يصبح السائل الخارج من الجهاز مثل لون القش الفاتح (يكون السائل نظيفاً). يفتح الجهاز، وترفع ورقة الترشيح، وتجفف في الهواء، ثم توضع في فرن تجفيف درجة حرارته °100م 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 110 ± °5م حتى ثبات الوزن، ويكون وزن الركام بعد استخلاص الأسفلت يساوي وزن الركام في الصينية + الزيادة في وزن ورقة الترشيح. يتم تسجيل حجم المحلول الذي تجمع في المخبار المدرج بعد تحريكه بشكل كافٍ، ثم يؤخذ منه 100ملم إلى بوتقة الحرق بعد أن يتم تحديد وزنها فارغاً، وتجفف المحتويات في البوتقة على لوحة معدنية ويحرق الباقي على درجة 500 – °600م. ثم تبرد وتوزن ويضاف 5 ملم من محلول كربونات الأمونيوم المشبع لكل جرام من الرماد، ويترك ليذوب لمدة ساعة في درجة حرارة الغرفة، ثم يجفف في درجة حرارة 100مْ حتى ثبات الوزن، ثم يبرد ويحسب وزن الرماد وتحسب كتلة المواد الصلبة في الخلاصة.

ه. الحسابات

- تحسب نسبة الأسفلت في العينة طبقاً للمعايير والمواصفات الفنية المذكورة في AASHTO T 164.

3-6-2-3 الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أسفلتية مدموكة باستعمال العينات المشبعة المجففة السطوح من الخارج

- يتم في هذه الطريقة تحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أسفلتية 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).
- تستخدم هذه الطريقة لتحديد الوزن النوعي لعينات خلطة أسفلتية مدموكة مسامية أو ذات مسامات متصلة (فراغات) وذلك بوزنها في الهواء ثم وزنها في الماء عند درجة حرارة °25م وتحديد حجمها.

أ. المواصفات الفنية

ASTM D 2726 – Standard Test Method For Bulk Specific Gravity And Density Of Non-Absorptive Compacted Asphalt Mixtures.

AASHTO T 166 – Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity (Gmb) of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Using Saturated Surface-Dry Specimens.

ب. الجهاز

- ميزان مزود بوسيلة لتعليق العينة وغمرها في حوض ماء حيث يحدد وزنها وهي في الهواء ووزنها وهي مغمورة بالماء
- حمام ماء لغمر العينات مع وجود وسيلة تصريف لكي ينسكب الماء الزائد عند غمر العينات حتى يكون ارتفاع الماء ثابتاً.

ج. العينات

كما 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 1.5× أقصى مقاس للحبيبات، ويجب أن تكون العينات غير مشوهة ولا تحتوي على مواد غريبة مثل بقايا من طبقة أسفلت لاصقة أو تراب، وإذا كانت العينة تحتوي على طبقات سطحية وطبقات أساس فيمكن فصل الطبقات المختلفة بواسطة المنشار.

د. الطريقة

هناك عدة طرق لتحديد الوزن النوعي لعينات الأسفلت المدموكة وسيتم هنا توضيح طريقتين:

الطريقة الأولى:

إذا كانت العينات تحوي ماء يتم غمرها في حمام مائي عند درجة حرارة 25مْ لمدة 3-5 دقائق ثم توزن وهي مغمورة بالماء وليكن الوزن (ج)، وإذا اختلفت حرارة العينة عن حرارة الحمام بأكثر من 2 مْ تبقى مغمورة بالماء لمدة 10-15 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 110 مْ تقريباً لمدة 15 – 24 ثم تبرد وتوزن وليكن وزنها (أ)

إذا كانت العينات جافة كتلك التي تحضر لتجربة مارشال توزن أولاً في الهواء بعد أن تكون قد بقيت ساعة في الهواء، وليكن الوزن (أ)، ثم تغمر في ماء درجة حرارته 25مْ لمدة 3 – 5 دقائق، ثم توزن وهي مغمورة بالماء، ليكن وزنها (ث) وتخرج من الحمام وتمسح بقطعة قماش وتوزن وليكن وزنها (ب).

يمكن حساب الوزن النوعي كالآتي:

الوزن النوعي للعينة = أ / (ث - ب)

حيث:

أ = وزن العينة الجافة في الهواء

ب = وزن العينة ذات السطح الجاف

ث = وزن العينة في الماء

$$\text{نسبة الفراغات الهوائية\%} = \frac{\text{الوزن النوعي النظري الأقصى – الوزن النوعي للعينة}}{\text{الوزن النوعي النظري الأقصى}}$$

الطريقة الثانية:

عينة مغلفة بالبرافين (Paraffin Coated Specimen)

يتم تحديد وزن العينة الجافة وليكن (أ). وذلك بعد تجفيفها في درجة حرارة 60°م ± 5°م وتركها في الهواء لمدة ساعتين. 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 30 ثانية، ثم يتم وزنها وليكن (د).

يتم وزن العينة المغلفة في ماء درجة حرارته 25 ± 1°م، وليكن وزن العينة (ي).

يتم تحديد الوزن النوعي للبرافين (Specific Gravity of Paraffin) عند درجة حرارة 25 ± 1°م، وليكن (ف).

الوزن النوعي للعينـة= $\frac{أ}{\frac{(أ-د)}{ف} - (ي-د)}$

حيث:

أ = وزن العيـنـة الجافة في الهـواء جم

د = وزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الهواء جم

ي= وزن العينة الجافة بالإضافة للبرافين في الماء جم

ف = الوزن النوعي للبرافين عند درجة حرارة 25±2° م

يتم تصحيح الوزن النـوعي إذا كـانت درجة حرارة الحـمـام المـائي تختلف اختـلافاً كبيراً عن 2° م (انظر المواصفة ASTM D 2726) وذلك حسب المعادلة التالية:

R = Δt * KS (ب - ث) *

حيث:

التصحيح R =(Correction)

الفرق بين درجة حرارة 25°م ودرجة حرارة الحمام = Δt

KS+= معامل التمدد الحراري التكعيبـي المتوسط للخرسانة البيتومينية

6*10 = Average Coefficient of Cubical Thermal Expansion of Bituminous Concrete-5 ml/ml/ºc

هـ. التقرير

يتضمن التقرير الوزن النوعي عند درجة حرارة 25°، ونوع الخلطة، ونوع العينة ومصدرها، وحجـم العينة.

4-2-6-3 الطريقة القياسية لتحديد الوزن النوعي الأقصى النظري للخلطات الأسفلتية لعينة غير مدموكة

تحدد هذه الطريقة الوزن النوعي النظري الأقصى لعينات الخلطة الأسفلتية غير المدموكة والذي يستخدم في حساب نسبة الفراغات الهوائية للخلطات الأسفلتية ونسبة امتصاص الأسفلت.

أ. المواصفات الفنية

ASTM D 2041 – Standard Test Method For Theoretical Maximum Specific Gravity And Density Of Asphalt Mixtures

AASHTO T 209 – Standard Method of Test for Theoretical Maximum Specific Gravity (Gmm) and Density of Hot Mix Asphalt (HMA)

ب. الجهاز

1. دورق زجاجي أو معدني سعته على الأقل 1000 ملليلتر، ويجب أن يكون قوياً لتحمل شفط الهواء وله غطاء، ويثبت به خرطوم مع منخل معدني يغطي فتحة الخرطوم حتى يمنع نفاذ المواد الناعمة أثناء تفريغ الهواء.
2. ميزان حساس لحساب الوزن النوعي للعينة لأربعة أرقام (أي ثلاثة أرقام عشرية) ويزود الميزان بوسيلة لتعليق العينة به.
3. مضخة تفريغ الهواء مع أداة لقياس الضغط (ضغط الهواء أقل من أو يساوي 30 ملم زئبق).
4. 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.

ج. معايرة الدورق

تتم معايرة الدورق بقياس وزن الماء بدقة في درجة حرارة 25°م ± 0.5°م، 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.

د. العينات

يتم تحضير العينات بفصل جزيئات الخلطة، ولكن بدون تكسير لحبيبات الحصى بحيث لا يزيد مقاس حبيبات الحصى الناعمة عن 6.4ملم. 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 الجـدول التالي.

جدول (3-6-2-3) الوزن الأدنى لعينة الخلطة الأسفلتية غير المدموكة

المقاس الاسمي الأكبر للركام		أقل وزن للعينة (كجم)
(بوصة)	(ملم)	
1	25	2.5
3/4	19	2.00
1/2	12.5	1.5
3	9.5	1.00
رقم 4	4.75	0.500

هـ. الطريقة

1. تفصل حبيبات العينـة مـع مراعـاة عـدم تحطيم الحبيبات الحصوية بحيث لا تزيد حبيبات الجزء النـاعم من الركام عن 1/4 بوصة (6.4مم). 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 فقـط.
2. تبـرد العينـة إلى درجة حرارة الغرفة وتوضع في القارورة أو الإناء ثم توزن وتسمى الكتلة الخالصة للعينة (أ)، يضاف ماء كافٍ عند درجة حرارة °25 م (°77 ف) تقريباً لتغطية العينـة.
3. يزال الهـواء المحبوس بتعويض المكونات لتفريغ جزئي (ضغط الهواء أقل من 30 مم زئبق) لمـدة 15 ± 2 دقيقـة، ويرج الوعاء والمكونات إما باستمرار هزه بواسطة هزاز ميكانيكي أو يدوياً بهزها هزاً شديداً على فترات تبلغ نحو دقيقتيـن. يمكن تحرير الهـواء المحبوس بإضـافة عـامل ترطيب مناسب مثل الأيروسول بنسبة تركيز 0.01 ٪ أو 1 ملليلتر من 10٪ محلول في 1000 ملليلتر من الماء.
4. التحديد بالإناء: يغلق الإناء والمكونات في الماء عند 25 ± 1 °م (77 ± 1.8 °ف) وتوزن بعد غمرها لمدة 10 ± 1 دقائق، وتسمى الكتلة الخالصة للعينة في الماء (ج).
5. التحديد بالقارورة: تملأ القارورة بالـماء وتـرفع درجـة حرارة المكـونات حتى 25 ± 0.5 °م (77 ± 1 °ف) في حمام مائي درجة حرارته ثابتة، ويحدد بعدئـذ وزن القارورة مملوءة بالمحتويات بعد 10 ± 1 دقيقة من الانتهـاء من البند هـ-3.

و. الحسابات

يحسب الوزن النوعي للعينـة كما يلـي:

1. في حـالة التحـديد بالإنـاء:

الوزن النوعي = أ / (أ – ج)

حيث:

أ = كتلة العينة الجافـة في الهـواء (جم)

ج = كتلة العينـة في المـاء (جم)

2. في حـالـة التحديد بالقارورة

الـوزن النوعي = أ / (أ + د - هـ)

حيث

أ = كتلـة العينـة الجـافة في الهـواء (جم)

د = كتلة القارورة الممتلئة بالماء عند 25° م (77 ° ف)

هـ = كتلة القارورة الممتلئة بالماء والعينة عند درجة 25م° (77° ف).

5-2-6-3 تصميم الخلطات الأسفلتية باستخدام جهاز مارشال

تحدد هذه الطريقة تصميم الخلطات الأسفلتية في المختبر باستخدام طريقة مارشال. والهدف الرئيسي لتصميم الخلطة هو إيجاد خليط اقتصادي من المواد ذي تدرج، ونسبة أسفلت تعطي الخليط الخواص الآتية:

1. نسبة الأسفلت كافية لضمان الديمومة والمرونة في الخلطة.
قوة كافية لمقاومة الانسياب تفي بمتطلبات المرور بدون حدوث أي تشوهات.

2. فراغات هوائية كافية في الخليط الكلي المدموك تسمح باستيعاب الأسفلت وإبقاء جزء من الفراغات مملوءة بالهواء حتى إذا دمكت الخلطة تحت تأثير السير تحرك الأسفلت إلى الفراغات الهوائية الباقية، وإذا لم تتوفر الفراغات ينزف الأسفلت ويصعد للسطح، أما إذا كانت الفراغات الهوائية كثيرة فتصبح الخلطة مسامية ويدخلها الهواء والماء ويتسببان في تخريبها.

3. القابلية لسهولة التعامل معه.

أ. المواصفات الفنية

AASHTO T 245 – Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus

ب. الأجهزة

1. قوالب أسطوانية قطرها 101.6ملم وارتفاعها 76.2ملم مع قاعدة متحركة وحلقة إضافية لها نفس قطر القالب، وتوضع فوق القالب لزيادة ارتفاعها وليستوعب الخلطة قبل الدمك.
2. جهاز لإخراج العينة من القالب وهو على شكل قرص قطره 100ملم وسمكه 13ملم.
3. مطرقة مؤلفة من قرص معدني دائري منبسط مثبت في وسطه عمود حديدي وتنزلق على العمود حلقة وزنها 4536جم تسقط من ارتفاع 457.2ملم.
4. قاعدة دمك خشبية أبعادها 203.2 × 203.2 × 457.2 ملم مغطاة بلوحة معدنية بأبعاد 304.8 × 304.8 × 25.4 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.
5. أداة لمسك القالب والحلقة والقاعدة وتثبيتهما أثناء الدمك.
6. رأس الكسر (Breaking Head) مؤلفة من قطعتين معدنيتين عليا وسفلى للعينة، وكل واحدة على شكل نصف أسطوانة نصف قطرها 50.8ملم، ترتكز القطعة السفلية على قاعدة مستوية ويبرز منها عند رؤوس الشكل الأسطواني قضيبان حديديان رأسيان. وعند وضع القطعة العليا من رأس الكسر فوق السفلية يدخل القضيبان العموديان في الحلقتين الموجودتين في القطعة العليا.
7. رافعة تحميل – مثبتة على إطار معدني ومتحركة إلى أعلى حركة منتظمة تبلغ عند التشغيل 50.8ملم / الدقيقة.
8. حلقة قياس (Proving Ring) قوة الضغط بقدرة 2276كجم مثبت في وسطها مؤشر قياس يعطي أرقام تحول فيما بعد إلى قوة حسب نوع الحلقة حيث يجب عمل معايرة لها لتحديد دقتها.
9. 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 الأسفلتية بين فكي رأس الكسر، ويجب أن تكون دقة هذا العداد هي 0.25 ملم (0.01 بوصة) لكل تقسيم من تقاسيم العداد.
10. أفران أو لوحات ساخنة من أجل تسخين الركام والأسفلت والقوالب والمطرقة وأية أدوات تستعمل في الخلط، ويجب أن يتم التحكم بوسائل التسخين حتى تبقى درجة الحرارة حسب المطلوب.
11. خلاطة ميكانيكية قادرة على خلط المواد بشكل منتظم وبشكل تصبح معه كل حبات المواد مغلفة بالبيتومين.
12. حمام مائي عمقه 150ملم وبه جهاز للتحكم في درجة الحرارة لإبقائها عند 60±1°م، ويزود الحمام برف به ثقوب يرتفع عن قاعدة الحمام مقدار 50.8 ملم.

13. حمام هوائي (Asphalt Cutback) من أجل استعماله لمخلوط الأسفلت المحلول ويعطي حرارة مقدارها 25±1°م.
14. أدوات متفرقة مثل أوعية لتسخين الركام وأوعية لتسخين الأسفلت، ومقلاة، ودورق، وعلب، وأدوات خلط مثل المسطرين والسكين، وموازين حرارة لتحديد حرارة الركام والأسفلت، والخلطة تتراوح قدراتها من 9.9-204 مْ وموازين عادية وأخرى دقيقة، وقفازات وطباشير وملعقة ومغرفة.

ج. تحضير العينات

1. تحضر (3) عينات لكل نسبة من نسب الأسفلت (تمثل محاولة واحدة).
2. يجفف الركام في درجة حرارة (105 – 110مْ) حتى ثبات الوزن، ثم يفصل الركام بعد تبريده على المناخل 25، 19، 9.5، 4.75، 2.36، 1.18 ملم.
3. تحدد درجة الحرارة اللازمة لتسخين الأسفلت للخلط بأنها التي تجعل لزوجة الأسفلت 170±20 سنتي ستوك (CST) أما الحرارة اللازمة للدمك فهي التي تكون فيها اللزوجة مقدارها 280±30 سنتي ستوك (CST)

شكل (3-6-2-5) جهاز مارشال (Marshall Stability Apparatus)

4. يتم اختيار الوزن من كل مقاس من المقاسات المفصولة حسب نسبة هذا المقاس من الوزن الكلي وبحيث يكون الوزن الكلي للركام للعينة الواحدة مايقارب 1200 جم بحيث يعطي هذا الوزن بعد خلطه بالأسفلت ودمكه عينة ارتفاعها 63.5 ± 1.27 ملم وقطرها 101.6 ملم. وتحضر 3 عينات من هذا الوزن لكل نسبة أسفلت، فإذا كان هناك أربع نسب من الأسفلت فإنه يتم تحضير 12 عينة.
5. تسخن عينات الركام في الفرن لدرجة حرارة لا تزيد عما حدد في الفقرة ج3- بأكثر من 28 °م، و 25 °م للأسفلت الأسمنتي والمحلول على التوالي.
6. يوضع الركام الساخن في الخلاطة ويخلط جيداً، ثم تحفر حفرة في الركام ويضاف الأسفلت الساخن بالكمية المحددة، وتخلط المكونات حتى تصبح جميع الحبيبات مغلفة بالأسفلت.
7. توضع الخلطة الحاوية للأسفلت المحلول في فرن درجة حرارته 11.1مْ أعلى من حرارة الدمك المحددة في الفقرة ج3- بمدة كافية لتفقد العينة نحو 50٪ من المواد المتطايرة، ويمكن التحريك لتسهيل التبخر، ويحسب وزن العينات على فترات كل 15 دقيقة ثم كل 10 دقائق حتى يصبح الفقدان للمواد المتطايرة 50٪.
8. دمك العينات.
9. ينظف القالب ومطرقة الدمك ثم يسخنان إما في ماء مغلي أو لوحة معدنية ساخنة في درجة حرارة 93.3 – 148.9°م، وتوضع العينة في القالب وتدمك بالسكين 15 مرة حول محيط القالب و 10 مرات في القالب داخل الحلقة، وترفع الحلقة ويجعل سطح العينة على شكل كروي، ثم تعاد الحلقة ويوضع القالب على القاعدة الخشبية وتدمك العينة 75 أو 50 ضربة (حسب نوع المرور لطبقة الرصف) من المطرقة التي تسقط من ارتفاع 457.2 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 الأسفلتية ممثلة لعينة مأخوذة من الموقع تكون درجة حرارة الخلطة عند الدمك 135°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.

د. طريقة الفحص

1. تغمر العينات التي تـم دمكها وبردت وتم اختبار كثافتها في حمام مائي لمدة 30 –40دقيقة عند درجة حرارة 60 ± 1°م وعند درجة حرارة 37.8 ± 1°م للأسفلت المحلول.
2. ينظف رأس الكسر والقضبان ويشحن القضيبان على القضبان حتى تنـزلق في الجزء العلوي بسهولة وتكون درجة حرارة رأس الكسر 21.1 – 37.8 وذلك بغمره في حمام مائي.
3. 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.
4. يشغل المحرك (آلياً أو يدوياً) بسرعة ثابتة مقدارها 50.8ملم لكل دقيقة حتى يصل المؤشر (Proving Ring) قراءة العداد الخاص 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 30 ثانية من لحظة وضع العينة في رأس الكسر حتى النهاية، ويسجل الانسياب حسب العداد 0.01ملم أو 0.254 بوصة.
5. إذا تم الفحص على عينات يختلف ارتفاعها عن 63.5ملم تضرب القراءة في معامل التصحيح كما هو مذكورة في الجدول (3-6-2-4).

جدول (3-6-2-4) معامل التصحيح حسب ارتفاع العينة

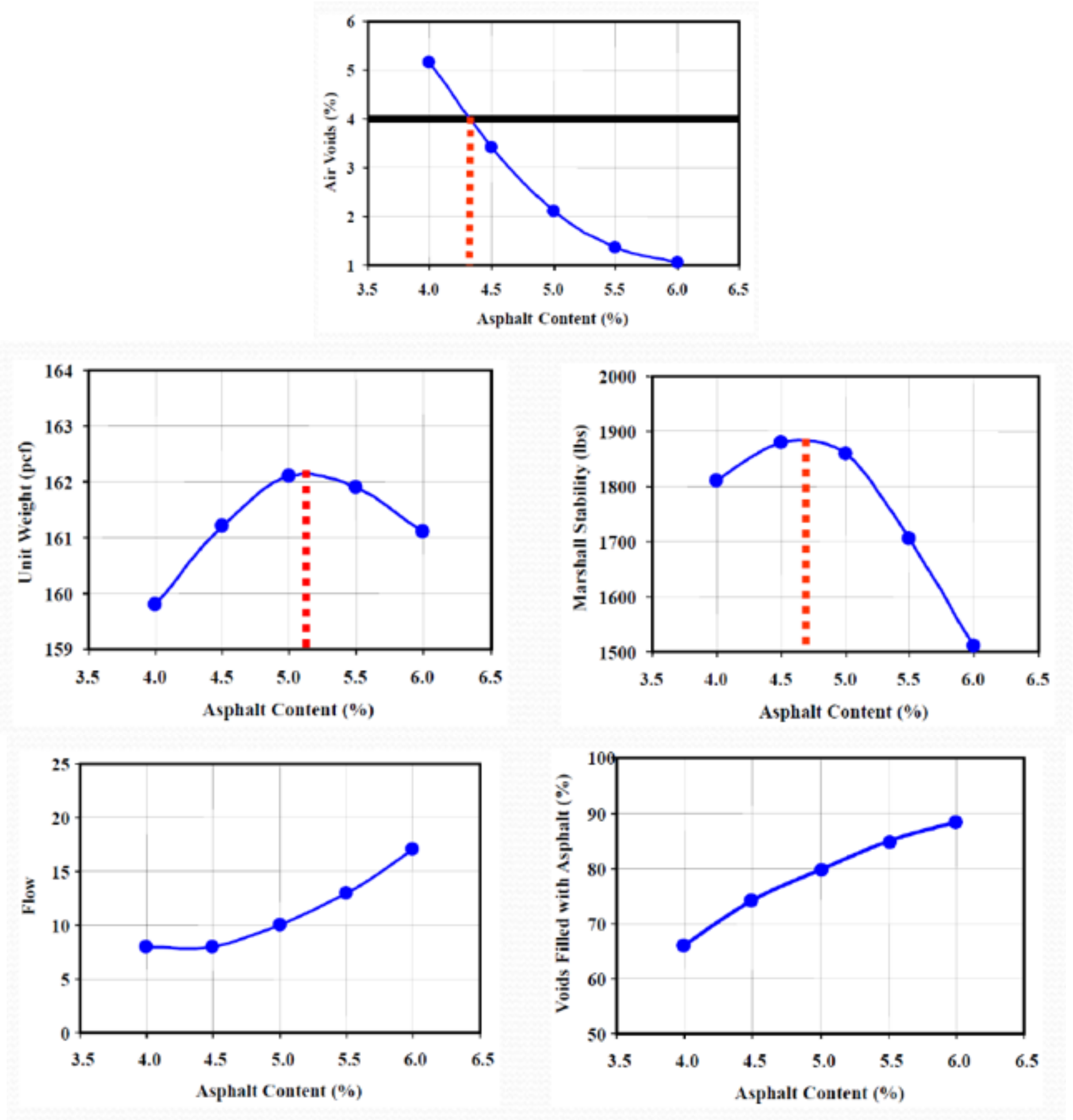
معامل التصحيح	سمك (ارتفاع) العينة (مم)	حجم العينة (سم٣)	معامل التصحيح	سمك (ارتفاع) العينة (مم)	حجم العينة (سم٣)
5.56	25.4	200 - 213	1.39	52.4	421 - 431
5.00	27.0	214 - 225	1.32	54.0	432 – 443
4.55	28.6	226 - 237	1.25	55.6	444 – 456
4.17	30.2	238 - 250	1.19	57.2	457 – 470
3.85	31.8	251 - 264	1.14	58.7	471 – 482
3.57	33.3	265 - 276	1.09	60.3	483 – 495
3.33	34.9	277 – 289	1.04	61.9	496 – 508
3.03	36.5	290 - 301	1.00	63.5	509 - 522
2.78	38.1	302 - 316	0.96	4.0 6	523 – 535
2.50	39.7	317 - 328	0.93	65.1	536 – 546
2.27	41.3	329 - 340	0.89	66.7	547 – 559
2.08	42.9	341 - 353	0.86	68.3	560 – 573
1.92	44.4	354 - 367	0.83	71.4	574 – 585
1.79	46.0	368 - 379	0.81	73.0	586 – 598
1.67	47.6	380 – 392	0.78	74.6	599 – 610
1.56	49.2	393 - 405	0.76	76.2	611 - 625
1.47	50.8	406 - 420			

ه. الحسابات

1. يتم حساب كثافة العينات باستخدام الطريقة القياسية لعينات خلطة أسفلتية مدموكة كما تـم ذكره سابقاً في المواصفة (ASTM D 275 – AASHTO T 166)
2. يتم حساب معدل الكثافة لكل ثلاث عينات على نسبة الأسفلت الواحدة ثم نرسم الشكل الذي يبين العلاقة بين نسبة الأسفلت (على محور السينات) والكثافة المقابلة لها (على محور الصادات).
3. يتم إجراء الحسابات الخاصة بالفراغات في الركام والفراغات الهوائية ، ويتم عمل أشكال تبين العلاقة بين نسبة الأسفلت)

محور السينات) والفراغات الهوائية (%) والفراغات في الركام المملوءة بالأسفلت(%).

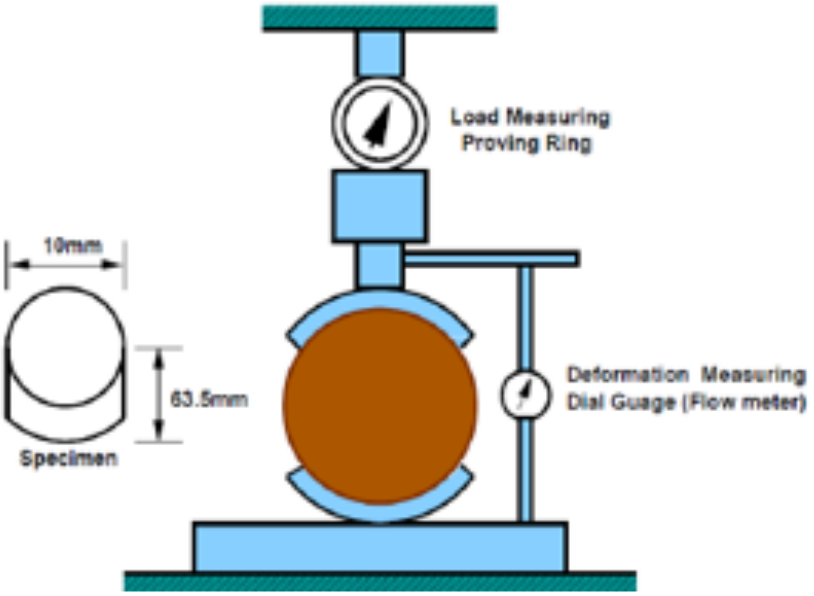
4. ترسم العلاقة بين نسبة الأسفلت ومعدل القوة (ثبات مارشال) (ثلاث عينات)، ويرسم شكلاً يبين العلاقة بين نسبة الأسفلت ومعدل الانسياب (ثلاثة عينات).
5. يتم تحديد نسبة الأسفلت التي تحقق أعلى كثافة وأعلى ثبات (قوة) وفراغات هوائية عند منتصف المواصفات. أي إذا كانت المواصفات للفراغات الهوائية 3-5% تكون النقطة التي يتم تحديد نسبة الأسفلت عندها لشكل الفراغات الهوائية هي 4%.
6. ثم يوجد معدل هذه القراءات الثلاثة لنسب الأسفلت 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. انظر شكل (3-6-2-2).



شكل (3-6-2-6) تحديد نسبة الأسفلت المثل

و. التقرير

يتضمن التقرير نوع العينة والقوى المصححة والانسياب كمعدل لثلاث عينات لكل نسبة أسفلت، ويتم رسم العلاقات البيانية السابقة، ويتضمن التقرير درجة حرارة الاختبار ونوع العينة (مختبر أو من الموقع).



شكل (3-6-2-7) جهاز مارشال

اختبار مقاومة انسياب اللدونة للخلطات البيتومينية باستعمال جهاز مارشال

جدول (3-6-2-5) متطلبات مضمون التقرير

رقم العينة	وصف العينة	المشروع
تاريخ الاختبار	تاريخ أخذ العينة	الموقع
القائم بالاختبار	أخذ العينة	المقاول

جدول (3-6-2-6) محتوى التقرير

م	البيـــان		م	البيـــان	
1	نسبة الأسفلت من كامل الخلطة ٪		17	الوزن النوعي الفعال للحصى جرام / سم3	
2	رقم العينـة		18	نسبة الأسفلت الممتص بالحصى ٪	
3	الوزن الجاف في الهواء (جرام)		19	نسبة الأسفلت الفعالة بالخلطة ٪	
4	الوزن في الماء (جرام)		20	الثبات (كجـم)	
5	وزن العينة مشبعة في الهواء جافة السطح (جرام)		21	معامل التصحيح	
6	الحجم (سم 3)		22	الثبات بعد التصحيح (كجم)	
7	الكثافة الظاهرية للخلطة جم / سم3		23	متوسط الثبات بعد 30 دقيقة (كجـم)	
8	متوسط الكثافة الظاهرية للخلطة (جرام / سم3)		24	الثبات بعد 24 ساعة (كجـم)	
9	وزن العينة سائبة (جرام)		25	متوسط الثبات بعد 24 ساعة (كجـم)	
10	وزن الماء + الدورق (جرام)		26	فاقـد الثبـات ٪	
11	وزن العينـة + الدورق + الماء (جرام)		27	الانسياب (ملـم)	
12	الكثافة القصوى للخلطة المرصوفة (جرام / سم3)		28	متوسط الانسياب (ملـم)	
13	متوسط الكثافة القصوى (جرام / سم3)		29	الوزن النوعي للأسفلت (جم / سم3)	
14	الفراغات الهوائية في الخلطة ٪		30	نسبة الحصى من كامل الخلطة ٪	
15	الفراغات في الحصى ٪		31	الوزن النوعي الكلي للحصى جم / سم3	
16	الفراغات المملوءة بالبيتومين ٪		32	إجمالي الخلطة السائبة من كامل الخلطة	

المقاول　　　　مهندس المواد　　　　مدير إدارة المواد

3-6-2-6 اختبارات الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتية

(Superpave Asphalt Mix Design Procedures)

تستخدم معظم هيئات الطرق طريقة مارشال لتصميم الخلطات الأسفلتية، ومن أهم عوامل قوة طريقة مارشال توجيه العناية لكثافة المخلوط ونسب الفراغات داخل المخلوط الأسفلتي كما أن المعدات المطلوبة نسبياً غير باهظة الثمن وسهلة النقل. ويعتقد العديد من مهندسي الطرق أن الدمك بالصدم (Impact Compaction) المستخدم في طريقة مارشال لا يحاكي الدمك الذي يحدث للخلطة الأسفلتية في الطبيعة.

وتعتمد الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتية (Superpave) على الدمك المخبري واختبارات الخواص الميكانيكية للخلطة الأسفلتية لتوقع الأداء المستقبلي للخلطة التصميمية.

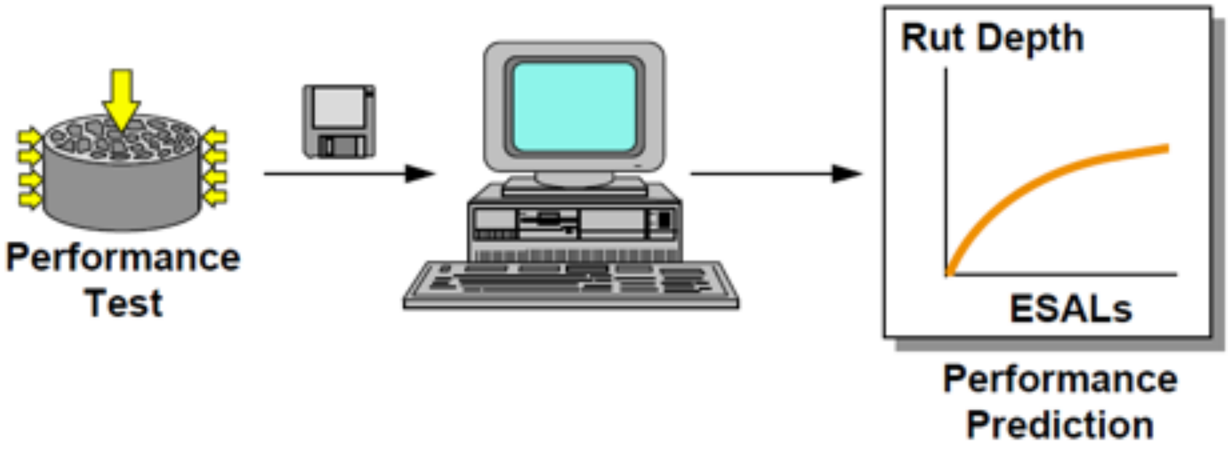
ويأتي مصطلح (Superpave) من اختصار عبارة superior performing asphalt pavement.

ولقد ابتكرت هذه الطريقة من خلال برنامج بحثي أمريكي يطلق عليه اسم شارب (SHRP). كما ابتكر عدد من الاختبارات المخبرية لتوقع الأداء. ومخرجات هذه الاختبارات (النتائج) تؤدي إلى عمل توقع لأداء الرصف في الطبيعة أو بعبارة أخرى نماذج (Models).

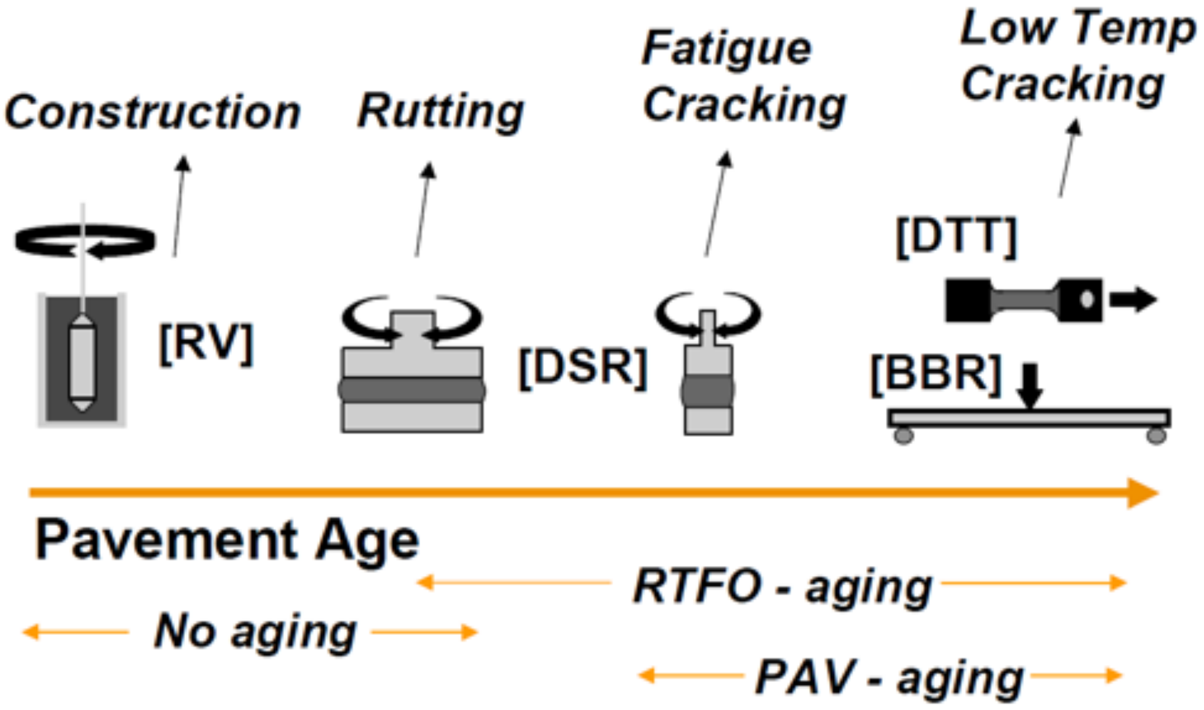
وتسمح خطوات التجارب وتوقع الأداء النهائي للمهندس بتقدير أداء الرصف بدلالة أحمـال المحاور المكافئة (ESALs) أو الوقت اللازم للوصول إلى درجة تخدد معين (Rutting Level) أو شروخ كلال أو شروخ انكماش. هذا النظام الخاص بالخليط المتكامل والتحليل الإنشائي يتيح للمصمم تقويم ومقارنة التكاليف المرتبطة باستعمال مواد مختلفة وخلطات مختلفة.

وفي هذه الطريقة تم ابتكار آلتين جديدتين للاختبارات هما:

الأولى تسمى Superpave Shear Tester (SST) والثانية تسمى Indirect Tensile Tester (ITT) ويجرى بهاتين الآلتين مجموعة من الاختبارات التي تعطي مؤشراً مباشراً لسلوك الخلطة الأسفلتية أو تنتج مدخلات لنماذج توقع أداء الخلطة الأسفلتية مستقبلاً.



شكل (3-7-1) يمثل مبدأ عمل الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتية (evaprepuS)



شكل (3-7-2) يمثل تجارب الطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتية

RV = Rotational Viscometer

DSR = Dynamic Shear Rheometer

DTT = Direct Tension Tester

BBR = Bending Beam Rheometer

أولاً: الاختبارات التي تجرى على الأسفلت

3-6-3 مقياس اللزوجة الدوراني (Rotational Viscometer (RV))

يستخدم هذا الاختبار لتقويم القابلية للتشغيل (Workability) للخلطات الأسفلتية الساخنة وتقاس القابلية للتشغيل للتأكد من أن الأسفلت سائل لدرجة كافية عند الضخ والخلط. وتقاس اللزوجة الدورانية بواسطة قياس العزم المطلوب للحصول على سرعة دورانية ثابتة للأسطوانة الدوارة.

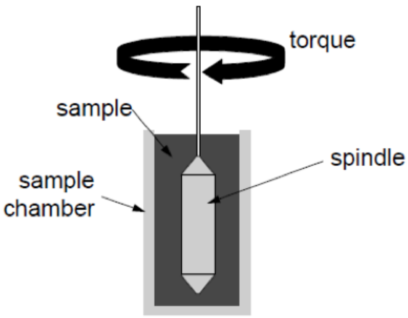
أ. المواصفات الفنية

AASHTO T 316 - Standard Method of Test for Viscosity Determination of Asphalt Binder Using Rotational Viscometer

ب. الجهاز

يستخدم في هذا الاختبار جهاز مزود بالوظائف والقدرات التالية:

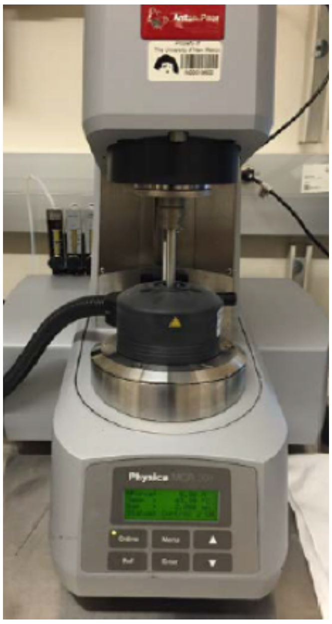
1. وحدة معالجة حاسبية مبينة داخل الجهاز لتخزين بيانات الفحص والتحليل.
2. برنامج مبني داخل الجهاز بالإضافة إلى شاشة لعرض البيانات.
3. نظام مراقبة وسيطرة على درجة حرارة العينة الأسفلتية.
4. كما أن هناك بعض المواصفات التي يجب توافرها مثل:
   - أن يكون مدى قياس اللزوجة بين 3 إلى 600 ملي باسكال في الثانية.
   - مدى السرعة بين (0 – 250 دورة في الدقيقة) وبزيادة مرحلية تساوي 1.0.
   - تكون الدقة نحو 1٪ من مدى الاستخدام.
   - مدى منظم حرارة العينة يكون 300م° حسب درجة الحرارة المحيطة وبدقة ± 5٪ من نقطة البدء.
   - حجم غرفة العينة من 8 – 13 ملليلتر.
   - يجب أن تحتوي غرفة تنظيم الحرارة على:
     - أدوات للصف.
     - أدوات لاستخلاص العينة وأدوات لتبريدها.
     - مثبت لغرفة العينة مع غطاء عازل للغرفة.
     - مسمار ووردة لربط عمود الدوران.



شكل (3-7-1-1) مقياس اللزوجة الدوراني

يجب أن يتوفر في هذه التجربة برنامج للحاسب الآلي يقوم بالسيطرة على جهاز قياس اللزوجة الدوراني ومنظمات الحرارة وجمع وتخزين بيانات الاختبار مع عمل للتحليل اللازم لها.

4-6-3 ريومتر القص الحركي الديناميكي (Dynamic Shear Rheometer - DSR)



يستخدم جهاز القص الديناميكي لأغراض المواصفات وهو يقيس معامل التركيب وزاوية المرحلة للمواد الأسفلتية الرابطة عند درجة حرارة متوسطة وعليا لطبقات الأسفلت المستخدمة بشكل متكرر يصل إلى 10 راديان في الثانية الواحدة. وبالإضافة إلى قياس معامل التركيب وزاوية المرحلة عند تكرار واحد، فإنه يمكن استعمال جهاز القص الديناميكي لقياس هاتين الخاصيتين عند مدى مختلف من الترددات لتحديد تأثير الوقت على المواد الأسفلتية الرابطة.

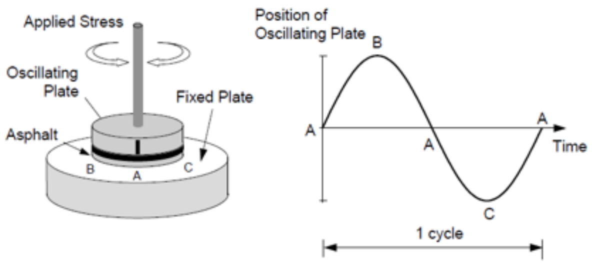
أ. المواصفات الفنية

AASHTO T 315 – Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR).

ب. الأجهزة

1. جهاز القص الديناميكي.

يجب أن يعمل جهاز القص الديناميكي حسب مواصفة (AASHTO T 315) ويمكن ضبطه وتشغيله باستخدام حاسب آلي، ويحتوي على مايلي: -



شكل (3-7-2-1) جهاز القص الديناميكي

- يعمل بمدى ترددات من 10– 3 إلى 20 هرتز. (أقصى حد 100 راد للثانية) مع فترات تأخير خاصة يمكن اختيارها لكل تردد.
- يكون مزوداً بمحلل إجهاد يصل إلى 50 ميكرو راد.
- يجب أن يقوم بفحص وتحليل متعاقب عند مدى لترددات تحدد باستخدام لوحة أبعادية، ومقاييس الإجهادات إلى حد 2٪ من قيمة (G) التي تصل إلى 1 كيلو بسكال.
- يجب أن تكون الألواح قابلة للنقل والتحريك وأن يتراوح قطرها من 6ملم إلى 40ملم حسب الحاجة. ويجب تأمين مجموعتين ذات قطرين 8 ملم و 25ملم، للوح القاعدة ولوح القمة على التوالي.

2. غرفة لضبط بيئة الفحص.

1. يجب أن تغلف غرفة ضبط البيئة بكامل عينة الفحص تماماً. كما يجب أن يكون بها نظام ضبط حرارة خاص بها، وأن يتم ضبط درجة الحرارة بفروق (10 درجة مئوية)، وألا يزيد فرق الحرارة من خلال العينة عن درجة مئوية واحدة.
2. يجب أن تزود الغرفة بوحدة ضبط للحرارة من 5 إلى 100 درجة مئوية.
3. ويجب أن تزود ببطاقة ضابط للحرارة مبرمجة، لتثبيت الحرارة، والتغيير المرحلي، والتغيير المتدرج في جميع أنماط التشغيل.

3. حاسب آلي وبرنامج.

يجب أن يكون الحاسب الآلي مزوداً ببرنامج تشغيل مصمماً حسب طريقة (AASHTO T 315)، وأن يكون قادراً على برمجة جهاز القص الديناميكي لأداء فحص المسح الترددي (راديان في الثانية) ، ومن 1 إلى 100 راديان في الثانية، وأداء فحص مسح الإجهاد من صفر (0) إلى 200٪، وأداء فحص مسح درجة الحرارة والتغير المرحلي على مدى كامل من الدرجات الحرارية، وأن يكون قادراً على تكوين جداول ورسومات بيانية خاصة بالخصائص الانسيابية.

هنالك تجارب أخرى للأسفلت تجرى في البلدان التي تنخفض فيها درجات الحرارة بدرجة كبيرة، وهذه الاختبارات لا تجرى في المملكة لأن درجات الحرارة لا تنخفض فيها بدرجة كبيرة وإن انخفضت فيكون ذلك لفترات قصيرة لا تؤثر على سلوك الأسفلت في الرصف، ومن هذه الاختبارات:

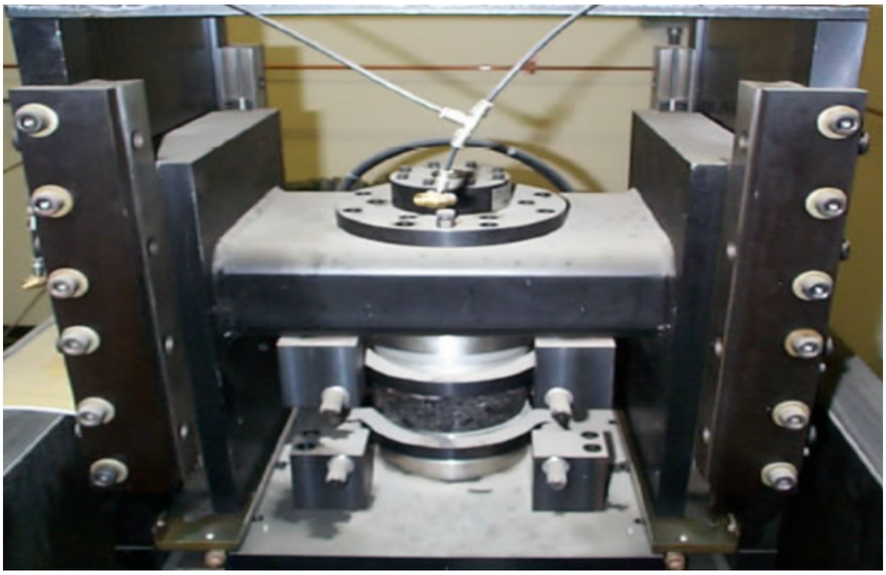
1. ريوميتر الكمرة المنحنية (Bending Beam Rheometer)

2. اختبار الشد المباشر (Direct Tension Test)

ثانيا: الاختبارات التي تجرى على الخلطات الأسفلتيـة

3-6-5 آلة اختبار القص (Superpave Shear Tester (SST))

هذه الآلة عبارة عن دائرة مغلقة رجوعية مع نظام هيدروليكي – سرفوا وتتكون من أربعة أجزاء رئيسية هي وحدة التحكم في الاختبار، والجزء الخاص بجمع المعلومات، وآلة الاختبار، وغرفة التحكم البيئية للاختبار، والنظام الهيدروليكي.



شكل (3-7-3-1) جهاز Superpave للقص الديناميكي

ويجرى بواسطة هذه الآلة، ستة اختبارات هي:

1. الاختبار الحجمي (Volumetric Test)

2. اختبار الانفعال وحيد المحور (Uniaxial Strain Test)

3. اختبار القص المتكرر عند نسبة ضغط ثابتة (Repeated Shear Test at Constant Stress Ratio)

4. اختبار القص البسيط عند ارتفاع ثابت (Simple Shear Test at Constant Height)

5. اختبار التحميل التكراري عند ارتفاع ثابت (Frequency Sweep test at Constant Height)

6. اختبار القص المتكرر عند ارتفاع ثابت (Repeated Shear Test at Constant Height)

(وهو غير مطلوب في ال Superpave)

3-6-5-1 الاختبار الحجمي (Volumetric Test)

تستخدم نتائج هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال. ويتم الاختبار في درجات الحرارة التالية:

جدول (3-7-3-1) درجات الحرارة المعتمدة في الاختبار الحجمي

درجة الحرارة ٥ م	الضغط - كيلوباسكال
4	830
20	690
40	550

3-6-5-2 اختبار الانفعال وحيد المحور (Uniaxial Strain Test)

يستخدم هذا الاختبار لتحليل التشكلات المستديمة وشروخ الكلال أيضا مثل الاختبار الحجمي، وفي هذا الاختبار يتم تطبيق الضغوط المحورية على العينة بينما تحاول العينة زيادة محيطها، وتستخدم ثلاث مستويات من الضغوط تعتمد على درجات الحرارة، وتقاس التشكلات المحورية في كلا الجانبين كما يتم قياس الأحمال الرأسية أيضا.

جدول (3-7-3-2) مستويات الضغوط المحورية

الضغط المحوري - كيلوباسكال	درجة الحرارة ٥ م
655	4
550	20
345	40

3-6-5-3 اختبار القص المتكرر عند نسبة ضغط ثابتة (Repeated Shear Test at Constant Stress Ratio)

يتم إجراء هذا الاختبار لكل من التحليل الكامل أو الجزئي لتحديد مدى مقاومة الخليط الأسفلتي لحدوث تخدد ثلاثي Tertiary Rutting، وذلك النوع من التخدد يحدث عند محتوى هوائي قليل مع عدم اتزان الخليط الأسفلتي الكلي. وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الاختبار عبارة عن درجة حرارة تحكم في التشكل المستديم، ويتم حسابها على أساس حالة المرور المتوقعة والظروف الجوية للمشروع.

3-6-5-4 اختبار القص البسيط عند ارتفاع ثابت (Simple Shear Test at Constant Height)

يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط (Intermediate) 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.

جدول (3-7-3-4) مستويات إجهاد القص

إجهاد القص - كيلوباسكال	درجة الحرارة ٥ م	نـوع التحليـل
345	4	كـامـل
105	20	
35	40	
35	Teff (PD)	متــوسط
105	Toff (FC)	

3-6-5-5 اختبار التحميل التكراري عند ارتفاع ثابت (Frequency Sweep Test at Constant Height)

يستخدم هذا الاختبار للتحليل المتوسط والكامل للتشكل المستديم وشروخ الكلال ويتم تطبيق تحميل متكرر على العينة للحصول على أقصى انفعال بمقدار 0.005 ٪ ويتم إجراء نحو مائة دورة للاختبار عند ترددات مختلفة.

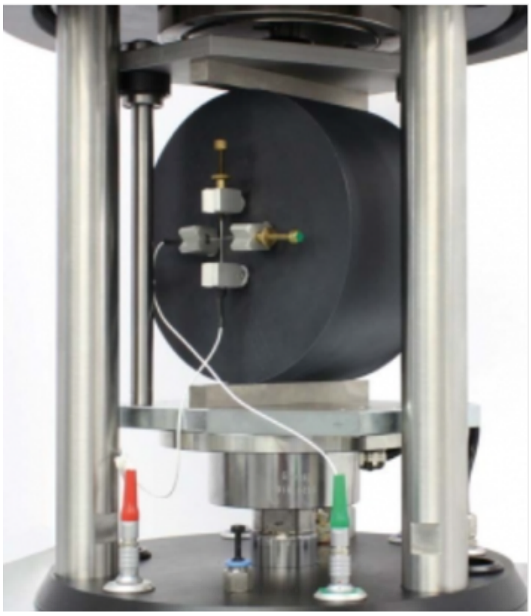
كما يتم إجراء الاختبار عند درجات حرارة مختلفة 4، 20، 40 درجة مئوية في حالة التحميل الكلي ودرجة حرارة Teff و Toff في حالة التحميل المتوسط. وخلال إجراء الاختبار يقاس الحمل المحوري والقصي والتشكلات ويتم تسجيلها.

3-6-5-6 اختبار القص المتكرر عند ارتفاع ثابت (Repeated Shear Test at Constant Height)

هذا الاختبار غير مطلوب للطريقة الحديثة لتصميم الخلطة الأسفلتيـة (SUPER PAVE)

3-6-6 اختبار الشد غير المباشر (Indirect Tensile test)

يقيس هذا الاختبار تأثير الزحف (creep) ومقاومة خليط الأسفلت باستخدام تقنية تحميل العينة بأحمال شد عند درجات الحرارة المتوسطة والمنخفضة (> 20درجة مئوية) ويشمل اختبار الشد تطبيق حمل ضغط عبر قطر العينة الأسطوانية.



شكل (3-7-3-2) جهاز Superpave لاختبار الشد غير المباشر

3-7 الفحوصات التي تجرى على البلاط

من أهم الفحوصات التي تجرى على البلاط بأنواعه كالأسمنتي والصيني والسيراميك والتيرازو ما يلي:

أ. الفحص بالنظر للبلاط – الفحص البصري.

قبل إجراء أية فحوصات على البلاط يجب التأكد من أن جوانبه وزواياه مستقيمة ومتعامدة مع الأسطح، والتأكد من أن الحواف سليمة وخالية من الشطف والكسر، والأسطح مستوية وخالية من الانفتال والعيوب مثل التنميل والتقوس والتشقق والتغير والنتوءات، وأن يكون اللون متجانساً بحيث لا يظهر أي عيب ملحوظ خاصة عندما يسلّط الضوء على سطح بلاط السيراميك والبلاط الصيني من على بعد متر ويراعى في بلاط التيرازو انتظام توزيع الحبات.

ب. فحص التربيع

يجرى هذا الفحص على كافة أنواع البلاط باستعمال زاوية حديدية ويتم فحص جميع الزوايا، وفي حالة عدم تطابق ضلعين متجاورين من أضلاع البلاطة مع الزاوية المعدنية يقاس أقصى بعد من الفراغ الواقع بين ضلع البلاطة وضلع الزاوية المعدنية المتاخم، ويقسم على طول ضلع البلاطة، ويجب ألا يزيد عن 0.5٪ (ظل الزاوية).

ج. استقامة الحواف

تقاس استقامة حواف البلاطة بوضع مسطرة معدنية على طول كل حافة من حواف البلاطة، ويحدّد مقدار التقعر أو التحدب بحيث لا يزيد أقصى عمق للتحدب أو التقعر عن ± 0.3 ٪ من طول الحافة.

د. طول حواف وجه البلاط .

يجرى هذا الفحص على كافة أنواع البلاط، وتقاس أطوال الحواف من جهة الوجه باستعمال أداة قياس دقيقة (Caliper)، وتقدر الزيادة أو النقص في طول الحافة كنسبة مئوية من الطول الاسمي ويعتمد التفاوت المسموح تبعاً لنوع البلاط وأبعاده.

1. **بلاط السيراميك:** يقاس لأقرب 0.1 ملم وتقاس الأضلاع الأربعة ويؤخذ معدّلها، ويجب ألا يتعدى التفاوت بالمعدل عن ± 1.5 ملم للأطوال التي تقل عن أو تساوي 100 ملم وعن ± 3 ملم للأطوال التي تزيد عن 100 ملم وتصل الى 200 ملم.
2. **البلاط الصيني** لا يزيد التفاوت في متوسط طول حواف الوجه عن ± 1 ٪ .
3. **بلاط التيرازو والبلاط الأسمنتي** لا يتجاوز التفاوت في متوسط طول أضلاع البلاط عن 1 ملم.
4. **سمك البلاط**: يتم قياس البلاط من عدة مناطق لأقرب 0.1 ملم بواسطة الورنية ويؤخذ معدل السمك مع استبعاد سمك المناطق النافرة بظهر البلاطة، ويجب ألا يزيد التفاوت في السمك الكلي لبلاط التيرازو والأسمنتي عن 3 ملم، أما سمك وجه البلاط الأسمنتي والتيرازو فيجب ألا يقل عن 7 ملم.

3-7-1 الطريقة القياسية لفحص نسبة إمتصاص السيراميك والبلاط الصيني للماء

أ. النطاق

تحدد هذه الطريقة نسبة الامتصاص في البلاط الصيني والسيراميك.

ب. الجهاز

- فرن تجفيف قادر على إعطاء درجة حرارة ±110 5مْ.
- حوض لغمر العينات وغليها مع دعامات في قعر الحوض قطرها 1ملم.
- ميزان دقيق.

ج. العينات

- يتم اختبار (5) بلاطات عشوائيا من الكمية المراد فحصها، فإذا زادت نسبة الامتصاص في أي من بلاط السيراميك المزجج عن 3-4 ٪ يعاد الفحص على (5) بلاطات أخرى، وإذا زادت نسبة الامتصاص مرة أخرى عن المذكور تعتبر الكمية غير مطابقة للمواصفات.
- في البلاط الصيني يجب ألا تزيد نسبة الامتصاص عن 5 ٪ في النوع الخاص وعن 17 ٪ في النوع العام.

د. طريقة الفحص

1. تجفف البلاطات في فرن على درجة حرارة ±110 5مْ حتى يثبت وزنها، وثبات الوزن يعني أن الفرق في الوزن بين وزنين متتاليين لا يزيد عن 0.1٪.
2. يتم تبريد العينات في وعاء محكم الإغلاق ثم توزن لأقرب 0.1 جم.
3. تغمر البلاطات في حوض ماء يغلي، وتكون مرتكزة على دعامات لا يزيد قطرها عن 1ملم ويستمر الغليان في درجة حرارة ±100 2 مْ لمدة ±120 5 دقائق.
4. تترك العينة لتبرد مع بقائها مغمورة بالماء إلى درجة حرارة 20 ± 2 °م.
5. في البلاط الصيني تغلى العينة مدة 4 ساعات وتبرد بنفس الطريقة، ويتم إخراج البلاط من الحوض وتمسح بقطعة قماش ثم توزن.

ه. الحسابات

أ.

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{\text{وزن البلاط بعد الغمر بالماء – وزنها جافة}}{\text{وزنها جافة}} \times 100$$

ب. يؤخذ معدل النتائج ويقارن بالنسب المطلوبة.

ج. فحص نسبة الامتصاص الإجمالي لكامل البلاطة:

بعد انتهاء الفحص السابق يتم تجفيف البلاطات حتى ثبات الوزن كما ذكر سابقاً، وتبرد لمدة 24 ساعة في درجة حرارة الغرفة ثم تغمر في الماء في درجة حرارة 20 ± 2°م، ويراعى أن تكون البلاطات متوازية مع سطح الماء، ويكون ارتفاع الماء فوق البلاطة من 25-50 ملم، ويستمر الغمر لمدة 24 ± 1/2 ساعة، وتخرج البلاطات من الماء وتمسح بالقماش ثم توزن.

د.الحسابات

$$\text{النسبة المئوية للامتصاص} = \frac{\text{وزن البلاطة الرطب - وزن البلاطة الجاف}}{\text{وزن البلاطة الجاف}} \times 100$$

تنص المواصفات البريطانية على ألا تزيد نسبة الامتصاص للوجه لأي بلاطة عن 0.4 جم / سم2، وألا يزيد الامتصاص الإجمالي للبلاطة عن 8٪، وإذا فشلت بلاطتان أو أكثر يتم رفض البلاط، وإذا فشلت بلاطة واحدة تؤخذ عينات إضافيـة. عند فحص بلاط أسمنتي تجرى عليه نفس طريقة الفحص الكامل للبلاطة.

هـ. التقرير

يشمل التقرير تاريخ الفحص ورقم العينات وعمر البلاطات ووزن الماء الممتص (جم/سم2) من الوجه ونسبة الامتصاص الكلية.

3-7-2 الطريقة القياسية لفحص قوة كسر البلاط

أ. العينات

يتم فحص (3) بلاطات لكل مجموعة مؤلفة من (100) بلاطة وتفحص بلاطتان إضافيتان لكل (200) بلاطة إضافية، وقبل فحص البلاطة للكسر يجب التأكد من خلو البلاطة من الشقوق والعيوب، ويتم فحص البلاط بالكسر بعد إتمام فحص الامتصاص.

ب. طريقة الفحص

توضع البلاطة على الدعامات بشكل يكون الجزء الممتد خارج الدعامات بمقدار 1/6 طول البلاطة، وتكون المسافة بين الدعامتين 2/3 طول البلاطة، ويكون وجه البلاطة للأعلى ويبدأ التحميل باستمرار حتى تنكسر العينة ويسجل حمل الكسر.

$$\text{قوة الثني (نيوتن / ملم2)} = \frac{3 \times \text{حمل الكسر(نيوتن)} \times \text{المسافة بين الدعامتين (ملم)}}{2 \times \text{عرض البلاطة (ملم)} \times \text{مربع سمك البلاطة (ملم2)}} \times 100$$

ج. التقرير

يجب أن يتضمن التقرير رقم العينة، وتاريخ الفحص، وعمر العينة، وحمل الكسر، ومساحة العينة، وسمكها، وعرضها، وطولها وقوة مقاومة الثني.

3-7-3 الطريقة القياسية لتحديد الانفتال في البلاط

أ. النطاق

الانفتال هو عدم مطابقة الزاوية الرابعة للمستوى المار من الثلاث زوايا الأخرى ويقاس بأجزاء المليمتر.

ب. الجهاز

- جهاز قياس الانفتال كما هو موضح بالشكل رقم (3-8-4-1) مثبت عليه 3 أقراص قياس "gauge"، ويستعمل قرص قياس واحد لقياس الانفتال وهو الواقع على إحدى الزوايا في حين أن الزوايا الثلاث الأخرى تحدد بالمسامير، أما القرص الذي في الوسط فيستعمل لتحديد التقعر المركزي، ويستعمل القرص الثالث لقياس التقعر على الطرف.
- لوحة معايرة مستوية من الزجاج أو المعدن.

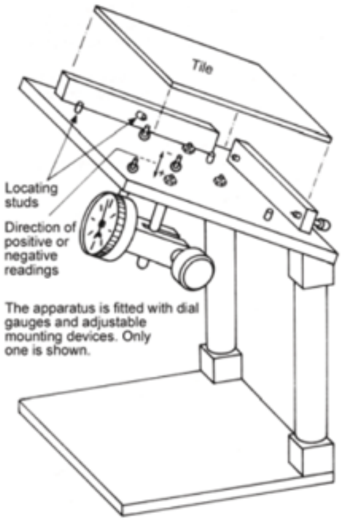
ج. معايرة الجهاز

تثبت لوحة معايرة في الجهاز على رأس المسامير الثلاثة المرتكزة على لوحة معدنية سمكها 10ملم، وتكون المسامير الثلاثة ثابتة لترتكز عليها ثلاث زوايا للبلاطة في حين ترتكز الزاوية الرابعة للبلاطة على عمود اختراق مثبت عليه قرص القياس، هذا العمود يمر من ثقب اللوحة وتوضع لوحة المعايرة على المسامير والعمود بحيث تبعد أحرف اللوحة مسافة 10ملم عنها، يثبت قرص القياس على صفر عندما يكون عمود الاختراق ملامساً للوجه.

د. طريقة الفحص

1. تسحب لوحة المعايرة، وتوضع البلاطة المراد فحصها على وجهها لترتكز على المسامير، نجعل عمود الاختراق يلامس البلاطة دون أن يرفعها عن أي من المسامير الثلاثة. ثم تسجل قراءة القرص، وتكرر العملية مع البلاطات الباقية ويتم تسجيل قراءات القرص لكل بلاطة بوحدات 0.01 ملم ويقسم على طول البلاطة.
2. يجب ألا يزيد الانفتال عن 0.5٪ من طول البلاطة شريطة ألا يزيد هذا الانفتال عن 1ملم مهما بلغ طول البلاطة.

3-7-4 الطريقة القياسية لتحديد التقعر أو التحدب في البلاط الصيني والسيراميك



شكل رقم (3-8-4-1) جهاز فحص الانفتال والتقعر في البلاط

أ. النطاق

- يستعمل لتحديد التقعر أو التحدب طريقتان، الأولى باستعمال الجهاز المستعمل في قياس الانفتال، والثانية باستعمال مسطرة معدنية.
- يعرف التحدب بأنه ابتعاد مركز العينة أو مركز أحد حوافها من المستوى المار بثلاث زوايا من زوايا البلاطة الأربعة.

ب. الجهاز

يستعمل نفس الجهاز لقياس الانفتال مع استعمال قرص القياس الواقع في مركز العينة والقرص الواقع في منتصف حافة العينة فقط.

ج. معايرة الجهاز

يتم اتباع نفس طريقة المعايرة المستعملة للانفتال مع تثبيت قرص القياس في مركز العينة والقرص في مركز حافة العينة على الصفر عند وضع لوحة المعايرة، ولا يستعمل القرص الثالث الذي استعمل في قياس الانفتال.

د. طريقة الفحص باستعمال الجهاز

بعد سحب لوحة المعايرة توضع البلاطة ووجهها للأسفل وترتكز على المسامير الثلاثة، يسمح لأعمدة الاختراق للأقراص بملامسة البلاطة في النقاط المناسبة دون أن ترفع البلاطة عن المسامير، يكرر العمل مع البلاطات الباقية.

ه. الحسابات

- تسجّل قراءات الأقراص الموجبة أو السالبة (تقعر أو تحدب).
- يجب ألا يزيد التقعر أو التحدب عن 0.75ملم.

و. القياس باستعمال المسطرة المعدنية

إذا لم يتوفر الجهاز يمكن استعمال مسطرة معدنية حيث توضع المسطرة على حرفها باتجاه أطول مقاس للبلاطة وبقياس أكبر عمق للتقعر بواسطة أداة قياس دقيقة، وإذا كان السطح محدّباً توضع المسطرة على حرفها ملامسة أعلى قمة للتحدب ويقاس ارتفاع المسطرة عن السطح من كلا الجانبين ويؤخذ متوسط القراءتين، وتكرر العملية مع المقاس الآخر ويؤخذ المتوسط ثم يحسب متوسط النتيجتين وتحسب النسبة بين متوسط القراءات الأكبر عمق تحدب أو تقعر وبين أطول مقاس للبلاطة، وتكون هي مقدار عدم الاستواء في السطح حيث يجب ألا تزيد عن 0.4٪.

3-8 الفحوصات التي تجرى على الطوب الأسمنتي والترابي والجيري الرملي

3-8-1 النطاق

1. يشبه الطوب إلى حد كبير مكعبات الخرسانة من حيث الفحص بالضغط ومن أهم الخواص التي تهمنا في الطوب هي قوة الضغط بالإضافة إلى امتصاص الماء واستقامة الحواف واستواء الأسطح وتعامدها مع بعضها واستقامة الحرف والدقة في أبعاد الطوب وخلوه من الشقوق والعيوب والتجانس في اللون والمقطع، وتوفر الحرق التام والخلو من التزهر والعقد الجيرية في الطوب الترابي.
2. إن طرق إجراء فحص الضغط على الطوب هي نفس طريقة إجراء فحص الضغط على مكعبات الخرسانة، كما أن نسبة امتصاص الماء في الطوب هي نفس الطريقة المتبعة في الحجر الطبيعي، ويؤخذ لكل فحص (5) طوبات وتعطى النتائج كمعدل لها.

3-8-2 أبعاد الطوب

3-8-2-1 الطوب الأسمنتي

يكون الطوب الأسمنتي إما مفرغاً أو مصمتاً ويكون طول الطوبة وارتفاعها ثابتاً، أما سمك الطوب فيكون متغييراً وتقاس أبعاد الطوبة من عدة جوانب ويؤخذ المعدل، ويجب ألا يزيد التفاوت في الأبعاد عن ± 6ملم باستثناء عندما يكون السمك 70 ملم فيجب ألا يزيد التفاوت فيه عن ± 3ملم، ويبين الجدول التالي أبعاد الطوب الأسمنتي والتفاوت ونسبة الفراغات:

جدول رقم (3-9-2-1) أبعاد الطوب الأسمنتي ونسب الفراغات به

الأبعاد بالملم	النوع	التفاوت المسموح	نسبة الفراغات
400× 200 ×200 ملم	ذو الخلايا	6 ± ملم	٪ 51
400× 200 ×150 ملم	ذو الخلايا	6 ± ملم	٪ 43
400× 200 ×100 ملم	ذو الخلايا	6 ± ملم	٪ 37
400× 200 ×70 ملم	ذو الخلايا	3 ± ملم	٪ 31
400× 200 ×70 ملم	مصمت	3 ± ملم	صفر

3-8-2-2 الطوب الرملي الجيري والترابي

يكون طول الطوبة 290 ملم أما ارتفاعها فهو 90 أو 190ملم كما يكون سمكها إما 190 أو 90 ملم، وتقاس الأبعاد من كل الجهات ويؤخذ المعدل، ويجب ألا يزيد التفاوت عن 3±ملم في الطول و± 1.5 إلى 2 ملم في العرض و± 1 إلى 1.5 ملم في الارتفاع.

3-8-3 فحص امتصاص الماء

تغمر الطوبة في الماء لمدة 24 ساعة على درجة حرارة 20 ± 3 °م، ثم تخرج من الماء وتمسح بالقماش وتوزن، ثم تجفف بعد ذلك في فرن تجفيف على درجة حرارة 110±5 °م حتى ثبات الوزن ويحدد الوزن الجاف.

$$\text{نسبة الامتصاص} = \frac{\text{الوزن بعد الغمر 24 ساعة} - \text{الوزن الجاف}}{\text{الوزن الجاف}} \times 100$$

3-8-4 فحص مقاومة الكسر

تكسر العينات بالضغط على الجانب الذي يكون عليـه الحمل في المنشآت، ويتم قياس مساحة السطح بدقة، ثم توضع العينة في مركز جهاز آلة الضغط ويوضع الحمل ويستمر التحميل حتى تنكسر العينة، ثم يقسم الحمل الذي انكسرت عليه العينة على مساحة سطحها.

الفصل الرابع

مدة التحديث وحقوق الملكية والمرجعية

4-   مدة التحديث وحقوق الملكية والمرجعية

1. يتم تحديث هذا الدليل كل خمس سنوات بصورة دورية.
2. استثناءً من البند رقم (1) أعلاه يمكن إجراء تحديثات أخرى إذا دعت الضرورة لذلك.
3. تستثنى المشاريع التي تم التعاقد على تصميمها قبل صدور هذا الدليل.
4. لا يجوز اقتطاع جزء من هذا الإصدار واستخدامه بمفرده، ولا يجوز استخدام مكونات الإصدار في أعمال إخراج إصدارات أخرى بدون إذن كتابي من وزارة الشؤون البلدية والقروية.
5. تمت مراعاة قواعد حدود الملكية الفكرية في إنتاج هذا الإصدار ويحتوي على قائمة بجميع المراجع التي تم الرجوع إليها عند إعداد هذا الإصدار.

الفصل الخامس
المراجع

5- المراجع:

المواصفات العامة لإنشاء الطرق ومنشآت الطرق (الجزء الأول: المواصفات العامة لإنشاء الطرق الحضرية)

American Society for Testing and Materials (ASTM)

ASTM C29/C29M - Standard Test Method For Bulk Density ("Unit Weight") And Voids In Aggregate

ASTM C88/C88M - Standard Test Method For Soundness Of Aggregates By Use Of Sodium Sulfate Or Magnesium Sulfate

ASTM C117 - Standard Test Method For Materials Finer Than 75-µm (No. 200) Sieve In Mineral Aggregates By Washing

ASTM C127 - Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Coarse Aggregate

ASTM C128 - Standard Test Method for Relative Density (Specific Gravity) and Absorption of Fine Aggregate

ASTM C131/C131M - Standard Test Method For Resistance To Degradation Of Small-Size Coarse Aggregate By Abrasion And Impact In The Los Angeles Machine

ASTM C142/C142M - Standard Test Method For Clay Lumps And Friable Particles In Aggregates

ASTM D5 – Standard Test Method For Penetration Of Bituminous Materials

ASTM D36– Standard Test Method For Softening Point Of Bitumen (Ring-And-Ball Apparatus)

ASTM D85414- – Standard Test Methods For Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer

ASTM D155607- – Standard Test Method For Density And Unit Weight Of Soil In Place By The Sand-Cone Method

ASTM D188316- – Standard Test Method For California Bearing Ratio (CBR) Of Laboratory-Compacted Soils

ASTM D2041 – Standard Test Method For Theoretical Maximum Specific Gravity And Density Of Asphalt Mixtures

ASTM D21702170/M-18 – Standard Test Method For Kinematic Viscosity Of Asphalts

ASTM D21712171/M-18 – Standard Test Method For Viscosity Of Asphalts By Vacuum Capillary Viscometer

ASTM D2216 – 19 – Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass

ASTM D2419 – 14 – Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate

ASTM D2726 – Standard Test Method For Bulk Specific Gravity And Density Of Non-Absorptive Compacted Asphalt Mixtures

ASTM D425316- – Standard Test Methods For Maximum Index Density And Unit Weight Of Soils Using A Vibratory Table

ASTM D425416- – Standard Test Methods For Minimum Index Density And Unit Weight Of Soils And Calculation Of Relative Density

ASTM D431817- – Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils

ASTM D6913/D6913M-17- Standard Test Methods For Particle-Size Distribution (Gradation) Of Soils Using Sieve Analysis

ASTM D792817- – Standard Test Method For Particle-Size Distribution (Gradation) Of Fine-Grained Soils Using The Sedimentation (Hydrometer) Analysis

ASTM E77 - Standard Test Method for Inspection and Verification of Thermometers

ASTM E1137 - Standard Specification for Industrial Platinum Resistance Thermometers

American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO)

AASHTO M-145 – Standard Specification for Classification of Soils and Soil–Aggregate Mixtures for Highway Construction Purposes

AASHTO R-66 – Standard Practice for Sampling Asphalt Materials

AASHTO T 11 - Standard Method of Test for Materials Finer Than 75-µm (No. 200) Sieve in Mineral Aggregates by Washing

AASHTO T 19M/T 19 - Standard Method of Test for Bulk Density ("Unit Weight") and Voids in Aggregate

AASHTO T 2714- – Standard Method of Test for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates

AASHTO T 40 - Standard Practice for Sampling Asphalt Materials

AASHTO T 48 – Standard Method of Test for Flash Point of Asphalt Binder by Cleveland Open Cup

AASHTO T 49 – Standard Method of Test for Penetration of Bituminous Materials

AASHTO T 53 – Standard Method of Test for Softening Point of Bitumen (Ring-and-Ball Apparatus)

AASHTO T 84 - Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Fine Aggregate

AASHTO T 85 - Standard Method of Test for Specific Gravity and Absorption of Coarse Aggregate

AASHTO T 8813- – Standard Method of Test for Particle Size Analysis of Soils.

AASHTO T 96 - Standard Method of Test for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine

AASHTO T 9918- – Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 2.5-kg (5.5-lb) Rammer and a 305-mm (12-in.) Drop

AASHTO T 100 – Standard Method of Test for Specific Gravity of Soils

AASHTO T 104 - Standard Method of Test for Soundess of Aggregate by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate

AASHTO T 112 - Standard Method of Test for Clay Lumps and Friable Particles in Aggregate

AASHTO T 164 - Standard Method of Test for Quantitative Extraction of Asphalt Binder from Hot Mix Asphalt (HMA)

AASHTO T 166 – Standard Method of Test for Bulk Specific Gravity (Gmb) of Compacted Hot Mix Asphalt (HMA) Using Saturated Surface-Dry Specimens

AASHTO T 18018- – Standard Method of Test for Moisture-Density Relations of Soils Using a 4.54-kg (10-lb) Rammer and a 457-mm (18-in.) Drop.

AASHTO T 19313- – Standard Method of Test for the California Bearing Ratio

AASHTO T 201 – Standard Method of Test for Kinematic Viscosity of Asphalts (Bitumen)

AASHTO T 202 – Standard Method of Test for Viscosity of Asphalts by Vacuum Capillary Viscometer

AASHTO T 209 – Standard Method of Test for Theoretical Maximum Specific Gravity (Gmm) and Density of Hot Mix Asphalt (HMA)

AASHTO T 245 – Standard Method of Test for Resistance to Plastic Flow of Asphalt Mixtures Using Marshall Apparatus

AASHTO T 315 – Standard Method of Test for Determining the Rheological Properties of Asphalt Binder Using a Dynamic Shear Rheometer (DSR).

AASHTO T 316 - Standard Method of Test for Viscosity Determination of Asphalt Binder Using Rotational Viscometer

Asphalt Institute MS-2 Asphalt Mix Design Methods

الملاحـــق

نموذج رقم 2

تقرير يومي رقم (   )   تاريخ :   /   / 14هـ

وزارة الشئون البلدية والقروية الجهة :	جهة الإشراف :	المقاول : ....
رقم المشروع :	اسم المشروع :	
قيمة العقد : ريال	مدة المشروع : يوم	تاريخ تسليم الموقع :
الطقس :	الرياح :	درجة الحرارة :

* الجهاز الفني للمقاول والعمالة الموجودة :

المهنة	مهندس	مراقب	مساح	عمالة فنية	عمالة عادية
العدد					

*المواد الموجودة في الموقع (التشوينات) / المعدات

....

....

....

....

....

مهندس المقاول :

الاسم :   التوقيع :

الأعمال الجارية	مستوى الأداء: جيد	مقبول	غير مقبول
--			
--			
--			
--			
--			
--			
--			

العقبات: ....

....

المهندس المشرف :

الاسم :   التوقيع :

نموذج رقم 5

تقرير فني دوري رقم (   ) بتاريخ   /   / 14 هـ

وزارة الشئون البلدية والقروية الجهة :	جهة الإشراف :	المقاول : ....
رقم المشروع :	اسم المشروع :	
قيمة العقد : ريال	قيمة العقد المعدلة : ريال	
مدة المشروع (طبقاً للعقد) : يوم	المدة الإضافية المعتمدة : يوم	
تاريخ تسليم الموقع :	تاريخ الاستلام الابتدائي المقرر :	

الأعمال المنجزة ومدى جودتها

مستوى الأداء

	جيد	مقبول	غير مقبول
--			
--			
--			
--			
--			

الأعمال الجاري العمل بها ومدى جودتها

--			
--			
--			
--			
--			

النسبة المئوية لقيمة الأعمال المنجزة إلى كامل الأعمال المطلوب إنجازها : (%)

النسبة المئوية لإجمالي قيمة الأعمال المنجزة إلى كامل قيمة المشروع : (%)