جدول المحتويات:

مقدمة **4**
القسم (أ) التحضير لصيانة الطرق **4**
(أ -1) عملية تخطيط الطرق 4
1. تقييم ظروف الطرق الحالية 4
2. تحديد البلدية للأولويات 5
3. وضع خطة العمل السنوية للبلدية 6
4. وضع خطة تفتيش، وإجراء عمليات تفتيش منتظمة 7
5. التنسيق مع شركات المرافق العامة 7
6. تحديد العوامل التي تؤثر على تطوير الطرق وعملية التصميم 9

القسم (ب) الرصفات **10**
(ب- 1) أنواع حالات الرصف 10
(ب-1-أ) الرصف الصلب 10
(ب-1-أ-1) أنواع الرصف الصلب 10
(ب -2) الرصف المرن 12
(ب -3) الفرق بين الرصف المرن والرصف الصلب 13
القسم (ج) رصف الخليط الأسفلتي الحار **15**
(ج-1) الطبقة السطحية 16
(ج-2) الطبقة الرابطة 16
(ج-3) طبقة الأساس 17
(ج-4) طبقة ما تحت الأساس 17
(ج-5) طبقة التأسيس 18
(ج-6) الرصف البيتومين 18
القسم (د) الاختبارات والتعاريف ومفاهيم الطرق **19**
(د -1) اختبار التآكل 19
(د -2) اللدونة 20
(د -3) اختبار الفلطحة والاستطالة 20
(د-4) اختبار المكافئ الرملي 21
(د -5) الصلابة 22
(د-6) الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) 22
(د-6-أ) العوامل المؤثرة على الفراغات الموجودة في الركام المعدني 26
(د-6-أ-1) تدرج الركام 26
(د-6-أ-2) شكل الركام 27
(د-6-أ-3) تركيب الركام 27
(د-6-1-4) الامتصاص 28
(د -6-أ -5) درجة حرارة الإنتاج في المحطة 28
(د-7) الفراغات الهوائية 29
(د-8) الفراغات المملوءة بالأسفلت 29
(د-9) محتوى الأسفلت 29
(د-10) اختبار مارشال للثبات 30
(د-11) تدفق مارشال 31
(د-12) البيتومين 32
القسم (ه) نظام صرف الطرق **35**

(ه-1) المصارف الجانبية 35
(ه-2) المصارف الخارجية 36
(ه-3) المجاري المائية في الطرق 37
القسم (و) عقود هندسة الطرق 40
(و-1) التصميم 40
(و-1-أ) جمع البيانات 40
(و-1-ب) نموذج التصميم 41
(و-1-ج) التصميم الأولي 41
(و-1-د) التصميم النهائي 41
(و-1-ه) إعداد وثائق المناقصة 42
(و-2) المشتريات 42
(و-3) تنفيذ العقد 43
(و-3-أ) قائمة التفتيش قبل وضع الأسفلت 44
(و-3-ب) قائمة التفتيش أثناء وضع الأسفلت 44
القسم (ز) الملاحق 46
الملحق (ز-1) نموذج التفتيش الأسبوعي 46
الملحق (ز-2) بيانات مسح المنطقة 47
الملحق (ز-3) تحديد الأولويات 48
الملحق (ز-4) خطة العمل السنوية 49
الملحق (ز-5) قائمة التحقق من طبقة الأساس 50
الملحق (ز-6) قائمة التحقق من طبقة ما تحت الأساس 51
الملحق (ز-7) قائمة التحقق من الأسفلت 52
الملحق (ز-8) نماذج أمر التغيير 53

مقدمة

تعكس النشرة الحالية محتوى الوحدة الأولي من البرنامج التدريبي لمهندسي البلدية في صيانة الشوارع.

القسم (أ) التحضير لصيانة الطرق:

تعمل البلديات مع أموال دافعي الضرائب، وعمومًا، فهي تفتقر إلى الوسائل اللازمة لإجراء الصيانة على المستوى المطلوب. لذلك، يُعد كل من التخطيط والبرمجة وتحديد الأولويات بعناية خطوات أولية مهمة للغاية في تلك العملية.

يجب أن تتكون عملية التخطيط لإنشاء طرق جديدة أو إعادة تأهيل الطرق الموجودة داخل البلديات من الخطوات التالية:

1- تقييم ظروف الطرق الحالية؛
2- تحديد البلدية للأولويات؛
3- وضع خطة العمل السنوية للبلدية؛
4- وضع خطة تفتيش، وإجراء عمليات تفتيش منتظمة؛
5- التنسيق مع شركات المرافق العامة؛
6- تحديد العوامل التي تؤثر على تطوير الطرق وعملية التصميم؛

(أ -1) عملية تخطيط الطرق:

1- تقييم ظروف الطرق الحالية،

يُعد هذا التقييم مهم جدًا لأي مُخطط صيانة حتى يتسنى له معرفة ما هو الوضع الفني الحالي للطرق، وما هي أخطاء الماضي، وما هي الإجراءات التي يجب إتخاذها لتحسين جودة نظام الطرق.

يحتاج هذا التقييم إلى:

أ) قاعدة بيانات الطرق التي تشمل:
   1. العدد الإجمالي للطرق لكل منطقة/منطقة فرعية،
   2. الطرق ذات الأرصفة،
   3. الطرق بدون أرصفة،
   4. الطرق ذات العبارات المائية،

ب) الحالة الفنية الحالية لكل طريق،
ج) وصف المشاكل الحالية،
د) تحديد الحلول المحتملة وخطة العمل،
ه) إلتقاط الصور للتوثيق،

يجب تسجيل هذه البيانات في نماذج مع توصيات لإتخاذ إجراءات. هذا هو "تقييم حالة الطريق الحالية للمنطقة (X) لسنة XXX"، انظر الملحق (ز-2) نموذج بيانات مسح المنطقة.

2- تحديد الأولويات:

هناك سؤال رئيسي يتبادر إلى الذهن على الفور وهو: كيف نحدد الأولويات؟

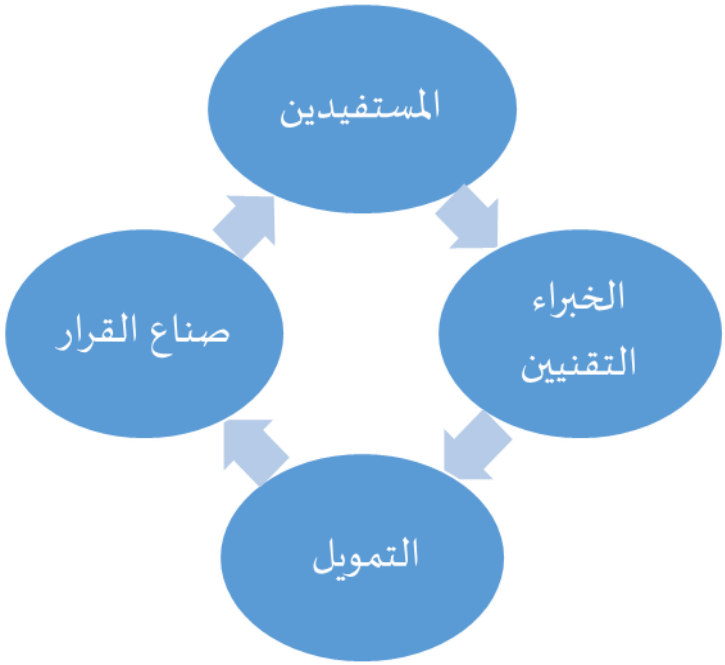
يُعد تحديد الأولويات عملًا جماعيًا، يشمل صناع القرار، وأصحاب المصلحة، والموظفين الفنيين الماليين والتقنيين. ستعمل هذه العملية على تعزيز جودة العمل الذي يتعين القيام به. تتمثل الخطوات فيما يلي:

1- تعقد إجتماعات التشاور مع أصحاب المصلحة أو المستفيدين أو المستخدمين النهائيين لتحديد مشاكلهم وإحتياجاتهم.
2- يجب على الخبراء التقنيين والمهندسين الذهاب و تفتيش عن حلول لحل المشاكل المحددة، وتقييم مدى الضرورة الملحة لكل عمل، وإعداد تقديرات للميزانية اللازمة لكل عمل.
3- في هذه المرحلة، من الحكمة وضع معايير إختيار تستند إلى وجهات نظر تقنية لمساعدة صانعي القرار والمجتمع على تحديد أولويات جميع إحتياجاتهم. قد تتضمن هذه المعايير على الأقل:
   - يجب أن تُفيد الخدمات التي تقدمها البلدية أكبر عدد من المواطنين،

- يجب أن تكون الخدمة التي تقدمها البلدية بالقرب من مؤسسة حكومية، أو أماكن مزدحمة (مراكز تجارية) أو أماكن دينية (مساجد) أو أماكن عامة (حدائق ومناطق ترفيه ومستشفيات ومدارس).
- يجب أن تكون الخدمات المقدمة داخل الحدود التنظيمية للبلدية،
- ينبغي إعتماد معايير الإختيار هذه من قبل المجتمع المحلي ورئيس البلدية.

4- سيقوم الموظفون الماليون في البلدية بجمع جميع التقديرات التي يتم إعدادها ومقارنتها مع ميزانية البلدية لمعرفة مدى توافرها للتنفيذ.
5- التشاور: ينبغي اعتماد معايير الإختيار والأولويات الناتجة بشكل صريح من قبل رئيس البلدية. سيتم منح المجتمع المحلي الفرصة (في إجتماع تشاوري) لإبداء رأيه حول المعايير والأولويات الناتجة.
6- ينبغي أن يقوم رئيس البلدية ومن بعده المجلس البلدي بالموافقة على التقرير الكامل لصانعي القرار.
7- في البلديات التي تضم مقاطعات، يجب تنظيم عملية التشاور في كل مقاطعة.

انظر الملحق ز-3



يوضح الشكل رقم (1) تسلسل عملية تحديد الأولويات

3- وضع الخطة العمل السنوية:

بعد تحديد جميع الأولويات لكل منطقة، يجب تصنيفها كما يلي:

1. الأولوية الأولى (الميزانية المتاحة، يمكن تنفيذها في سنة الميزانية الأولى)
2. الأولوية اللاحقة (لا يمكن تنفيذها، بسبب نقص الميزانية أو بسبب مشاكل فنية)

يجب على الموظفين الفنيين في البلدية إعداد خطة عمل سنوية للجمع بين الأولويات الأولى في خطة عمل مع تحديد خطوط زمنية للسنة بأكملها على أساس الميزانية المتاحة.

يُقصد بالميزانية هنا الميزانية الداخلية (التي تمولها الحكومة) للبلديات والتمويل الخارجي للبلديات الذي يأتي من مصدر غير حكومي مثل المانحين الأجانب أو المانحين المحليين.

إذا كانت لدى البلدية خطة عمل سنوية واضحة لتدخلاتها، فإن الأولويات اللاحقة التي ظهرت من تحديد إحتياجات المجتمع المحلي قد يتم إسنادها إلى جهات مانحة خارجية. ستساعد خطة العمل البلدية على ضمان ما يلي:

1. تنسيق أفضل مع الجهات المانحة
2. تنسيق أفضل بين البلدية وشركات المرافق العامة
3. إدارة أفضل لتوقعات المجتمع المحلي.

انظر الملحق ز-4 للإطلاع على النماذج التي سيتم إستخدامها في خطة العمل السنوية.

4- التفتيش:

يعتبر التفتيش ذو أهمية محورية لمراقبة جودة جميع الأماكن العامة والطرق وحالات الأرصفة والحدائق وما إلى ذلك. إن التفتيش المنتظم سيمكن البلدية من معالجة المشاكل المفاجئة مثل الأعمال غير المشروعة في الطرق العامة أو الاستجابة السريعة للتلف المفاجئ للطرق أو شكاوى الجمهور وسيوفر معلومات مهمة لخطط الصيانة السنوية المستقبلية. في الأردن غالبًا ما يتم إهمال التفتيش وهذا يؤدي إلى مشاكل غير متوقعة وعدم كفاية معالجة شكاوى المواطنين.

خطة التفتيش

يجب أن يتم التفتيش على أساس خطة. ليس هناك حاجة لتفتيش كل طريق كل يوم حيث يجب أن تحدد الخطة الصورة الدورية لتفتيش للطرق والسبب وراء ذلك.

إذا كانت البلدية على دراية بعمل تقوم به شركة خاصة أو شركة مرافق (اتصالات، مياه، كهرباء)، فإنه يجب عليها مراقبة أعمال الشركة وتفتيشها على أساس منتظم لضمان ما يلي:

1. يقوم المقاول بتنفيذ جميع المواصفات المتفق عليها،
2. يأخذ المقاول جميع تدابير السلامة لتقليل الحوادث،
3. لا يتسبب المقاول في إلحاق الضرر بأي خدمة أخرى،
4. لا توجد شكاوى من المجتمع المحلي بخصوص جدول العمل،
5. يقوم المقاول بإعادة الطريق إلي حالته الأصلية،

يُعد التفتيش الفوري إلزامي عندما يكون هناك حالة طارئة مثل الفيضانات وسقوط الأمطار الغزيرة والزلازل الأرضية. يجب إجراء التفتيش لفحص الوضع الحالي مباشرة بعد المطر أو أثناء الفيضانات ولمعرفة مدى فاعلية المصارف والعبارات، ويجب الإبلاغ عن أي حالات طارئة على الفور، حتى يمكن اتخاذ إجراء. انظر الملحق (ز-1) نموذج التفتيش الأسبوعي.

5- التنسيق مع شركات المرافق العامة

تُعد البنية التحتية العامة ملكًا للبلدية وفق "قانون تنظيم المدن والقرى والمباني لعام 1966 رقم (79)" تحت بند رقم 20 و 21. وبنفس الطريقة التي لا يُسمح فيها لأي شخص بالحفر في الممتلكات الخاصة دون تصريح مسبق من المالك، فإنه لا يُسمح لأحد بالحفر في الممتلكات العامة (ممتلكات البلدية أو الحكومة) دون تصريح من المالك (البلدية). ينطبق هذا أيضًا على شركات المرافق! يجوز للبلدية أن تعطي هذا التصريح بموجب شروط أو ترفضه لأسباب معقولة.

تعد عمليات الحفر والتجريف التي تقوم بها شركات المرافق أحد الأسباب الرئيسية لتدهور البنية التحتية العامة وهي موضوع مؤرق للبلديات ومجتمعاتها المحلية. في كثير من الأحيان ينتهي الأمر بالمواطنين بالشكوى للبلدية حول:

1. العمل غير المكتمل،
2. العمل غير المرضي،
3. الأضرار التي لحقت بممتلكاتهم،

تُعد حلول تلك المشكلة سهلة نسبيًا، شريطة أن تتصرف البلدية بنفس الطريقة التي يتصرف بها المالك الخاص. بمجرد الموافقة على خطة العمل السنوية، ينبغي عمل إجتماع تنسيقي مع شركات المرافق وجميع الشركات الخاصة العاملة في نفس المنطقة التي ممكن أن تتأثر بخطة عمل البلدية و الحضور إجباري لهذا الإجتماع.

في هذا الإجتماع، يجب على جميع الشركاء تقديم خططهم المستقبلية في المنطقة على النحو التالي:

1. يجب على البلدية إقتراح جميع الأعمال المتوقعة في السنة القادمة المصنفة حسب المناطق المستهدفة،
2. يجب على شركات المرافق اقتراح خطط العمل الخاصة بها للعام المقبل،
3. يجب حل مناطق النزاع على المناطق فيما بينهم بوضع خطة تنفيذ لكل منطقة بحيث لا يحدث أي تناقض، وستكون كل منظمة مسؤولة عن خطة عملها ويجب أن تكملها في الوقت المتفق عليه بحيث لا تؤثر على الخطط الأخرى،
4. إذا حدثت انحرافات عن الخطة المتفق عليها، يجب على صاحب العمل إبلاغ جميع الأطراف الأخرى في اجتماع التنسيق على الفور
5. يجب على البلدية اقتراح خطة عمل الطرق (RCP) لأي عقود يتم تنفيذها في الطرق حيث أنها ملك للبلدية،
6. تقوم البلدية بإجراء محاضر الإجتماع وإرسالها إلى جميع الأطراف المعنية، ويتعين الموافقة عليها في الاجتماع القادم،
7. تعقد الإجتماعات التنسيقية شهريا أو بقدر ما تتطلب وتيرة تنفيذ الأعمال

خطة عمل الطريق لأية عقود يتم تنفيذها ضمن عرض الطريق: تطبق البلدية شروط الموافقة التالية على ممتلكاتها:

1. يجب على شركات المرافق إقتراح خططها في المنطقة لتقوم البلدية بالموافقة عليها،
2. يجب على شركات المرافق تقديم وثيقة المناقصة للموافقة بما في ذلك المواصفات والرسومات والتوقيت بما يتماشى مع التوقيت المتفق عليه خلال إجتماعات التنسيق،
3. يجب على شركات المرافق وضع خطة الصحة والسلامة (HSP)،
4. تتحمل شركات المرافق مسؤولية إعادة رصف الطرق وإعادة تأهيلها على النحو الذي تطلبه البلدية ووفقًا للمواصفات والمعايير المتفق عليها،
5. يجب على مهندس البلدية التوقيع على وثائق الإستلام النهائي التي تفيد بأن المقاول انتهى من جميع الأعمال في الطرق المذكورة كما هو محدد في العقد، وشروط الموافقة،
6. يجب على شركات المرافق تقديم ضمانات بنكية بمبالغ متفق عليها لمصلحة البلدية بعد سنة واحدة على الأقل من تاريخ الإنتهاء، لضمان مسؤولية الشركة عن الأعمال المنفذة،
7. يجب على شركات المرافق تقديم مخططات حسب التنفيذ للمرافق توضح الموقع الدقيق للمرافق تحت الأرض والعمق والمواصفات لتقليل الضرر الذي سيحدث عندما تقوم البلدية بإصدار العقود،

6- تحديد العوامل التي تؤثر على تطوير الطرق وعملية التصميم:

بيانات الإدخال الأساسية الواجب توفرها عند إجراء أي تطوير لنظام الطرق:

أ) الموقع (تضاريس المنطقة)،
ب) نوع التربة،
ج) إستخدام الأراضي،
د) نوع المرور المستخدم،
ه) حجم الأحمال المرورية،
و) سكان المنطقة وحالة السكان الإقتصادية،
ز) عادات السفر الخاصة بالأشخاص،

قد تشتمل عملية إعادة إنشاء الطرق أو إنشاء شبكة طرق جديدة على واحد أو أكثر من العناصر الموضحة أدناه كإحتياجات للعملية:

1. الخطة الرئيسية للمنطقة،
2. الرسومات الطبوغرافية،
3. دراسة هيدروليكية للمنطقة تشمل:
   أ) كثافة مياه الأمطار،
   ب) موقع العبارات الأنابيبوبية أو الصندوقية،

ج) نظام تصريف مياه الأمطار الذي سيتم استخدامه مثل
1- القنوات المائية المفتوحة،
2- القنوات المائية المغلقة،
4. موقع المرافق الحكومية والعامة،
5. المناطق المزدحمة بالمرور،
6. التوسع المستقبلي في الطريق،
7. الخرائط الخاصة بالمرافق القائمة والطرق أو أي خطط توسع مستقبلية لهذه المرافق،
8. نظام الإضاءة الذي سيتم وضعه في الاعتبار،
9. نظام العلامات والمعلومات،

تُعد الاستدامة والجودة والمتانة هي العوامل الرئيسية لأي نجاح في آلية إنشاء الطرق التي يكون هناك حاجة لاستخدامها، وفي معظم الأحيان يواجه مصممنا:

1. انخفاض الميزانية.
2. ارتفاع الطلب العام.
3. قلة الموارد.
4. عدم توافر خطة رئيسية.
5. عدم تحديد أولويات مناسبة للطلب.

القسم (ب) الرصفات:

يتم تعريفها على أنها عنصر هيكلي أفقي مدعوم بمواد طبيعية ومصمم لتحمل حركة المرور على الطرق. يحتاج تصميم الرصف إلى:

أ) التحقيق في السجلات الموجودة، يجب فحص هذه السجلات، ويجب إجراء الاستكشافات والاختبارات تحت السطح.
ب) يتم وضع الخصائص الهندسية للصخور والتربة المحلية وتحديدها، خاصة فيما يتعلق بالقوة، والتصلب، والتحمل، والقابلية للرطوبة، والميل إلى التقلص والانتفاخ بمرور الوقت.

يتم تحديد الخصائص الهندسية إما عن طريق الاختبارات الميدانية، أو عن طريق تقديرات تجريبية تستند إلى نوع التربة، أو عن طريق القياسات المختبرية. يتم اختبار مواد تصميم الرصفة في أضعف حالاتها المتوقعة، وعادة ما يكون ذلك في أعلى نسبة رطوبة ممكنة. ثم يتم تحديد الأداء تحت حركة المرور. يتم تحديد التربة غير الملائمة للرصفة لإزالتها، يتم تخصيص مواد بديلة مناسبة، يتم إنشاء الحد الأقصى من منحدرات السدود والقصاصات، ويتم تحديد درجة الضغط أثناء الإنشاء وتحديد إحتياجات الصرف.

(ب -1) أنواع الرصفات:

هناك نوعان من الرصفات:

1. الرصفة الصلبة،
2. الرصف ةالمرنة،

الرصف ةالصلبة والرصفة المرنة هما نوعان من طرق تصميم الطرق. يجب أن يكون سطح الرصف متينًا ويمكن أن يتحمل الحمولة التي تنتج عن إطارات العجلات.

(ب-1-أ) الرصفة الصلبة:

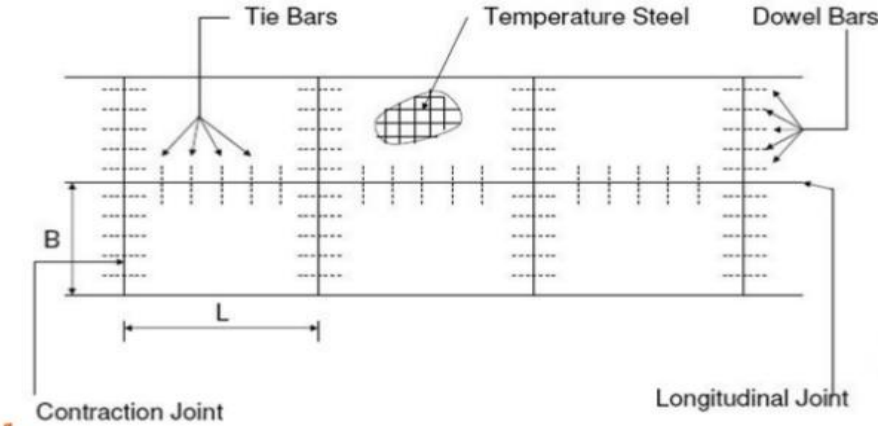
تصنع الرصفة الصلبة من الخرسانة الأسمنتية أو البلاطات الخرسانية المسلحة. يتراوح سمك البلاطة الخرسانية من 20 سم إلى 35 سم. يتم تركيبها بواسطة آلة رصف أو آلة ميكانيكية، غالبًا على طبقة داعمة (طبقة الأساس أو ما تحت الأساس) تمنع الضغط الناجم عن الحركة من ضخ المياه والمواد الطبيعية إلى السطح من خلال المفاصل والشقوق. تنكمش الخرسانة كلما تصلبت، وتتم مقاومة هذا الانكماش من خلال الاحتكاك الناتج من الطبقة الأساسية، مما يؤدي إلى ظهور التشققات في الخرسانة. يتم التحكم في التشقق عادة عن طريق إضافة حديد التسليح من أجل تعزيز قوة الشد في الرصفة والتأكد من أنه يتم توزيع أي تشقق بشكل موحد ودقيق. يتم استخدام المفاصل المستعرضة لهذا الغرض. يتم إستخدام المفاصل الطولية على حافة مسار البناء عندما لا يمكن صب المسار بأكمله في مسار واحد من آلة الرصف.

(ب-1-أ-1) أنواع الرصفات الصلبة:

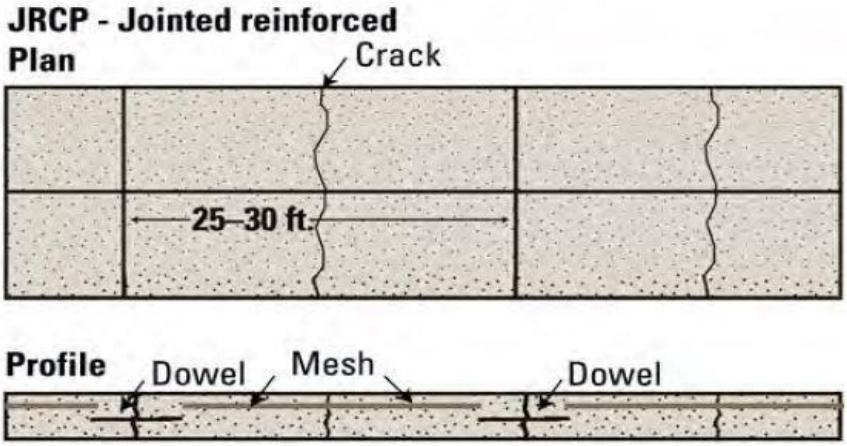
1. الرصفة الخرسانية المسلحة المفصلي Jointed Reinforced Concrete Pavement (JRCP)

2. الرصفة الخرسانية غير المسلحة المفصلي Jointed Plaine Concere Pavement (JPCP)
3. الرصفة الخرسانية المسلحة الثابتة Continouse Reinforced Concrete Pavement (CRCP)

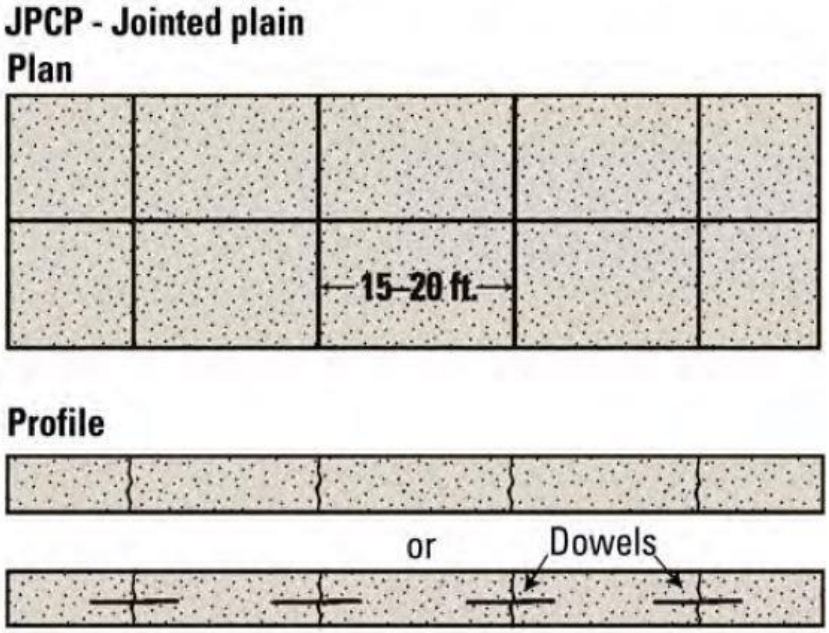
توضح الأشكال من 2-6 تفاصيل حول حالات الرصف الصلب



الشكل رقم (2) الرصفة الخرسانية المسلحة المفصلي (JRCP)

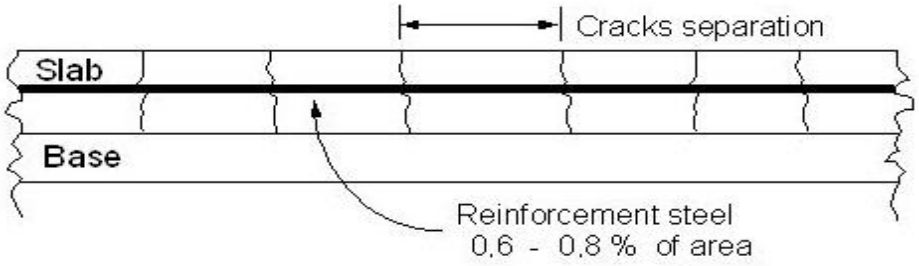


الشكل رقم (3) مخطط إرتفاع الرصفة الخرسانية المسلحة المفصلي



الشكل رقم (4) الرصفة الخرسانية غير المسلحة المفصلي (JPCP)

الشكل رقم (5) حالات الرصف الخرسانية المسلحة الثابتة (CRCP)



الشكل رقم (6) مخطط إرتفاع الرصفة الخرسانية المسلحة الثابتة

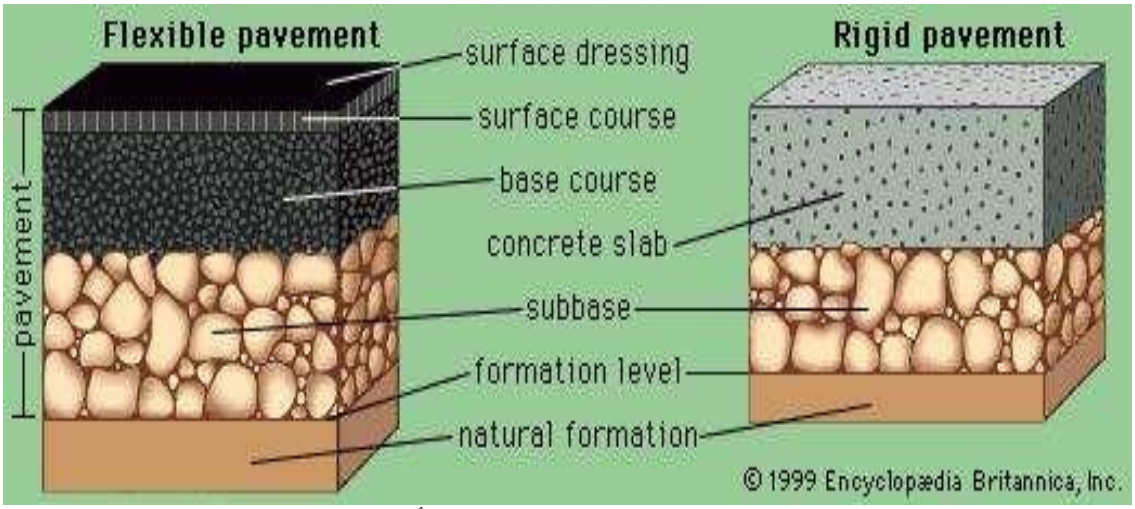
(ب-2) الرصفة المرنة:

الرصفة المرنة هي تلك المكسوة بمواد البيتومين أو الأسفلت. وتُعد مرنة لأن هيكل الرصف الكلي ينحني أو ينحرف بسبب أحمال الحركة. بشكل عام، يتطلب هذا النوع من الرصف نوعًا من الصيانة أو الترميم كل 10 إلى 15 عامًا.

يتكون هيكل الرصفة المرنة عادة من عدة طبقات من المواد. وتتكون الطبقات الغليا من مواد ذات جودة أفضل حيث تكون شدة الإجهاد الناتج عن الأحمال المرورية مرتفعة وتوضع المواد ذات الجودة المنخفضة في القاع حيث تكون شدة الإجهاد منخفضة. يمكن تحليل حالات الرصفة المرنة كنظام متعدد الطبقات تحت الأحمل. يتكون هيكل الرصفة النموذجي المرن من الطبقة السطحية والطبقة الأساسية وطبقة ما تحت الأساس. تساهم كل طبقة من هذه الطبقات في التصريف والدعم الهيكلي.

عندما يتم إستخدام الأسفلت المختلط الساخن كطبقة سطحية، فإنه يكون الأكثر صلابة وقد يساهم أكثر في قوة الرصف. تكون الطبقات الأساسية أقل صلابة، ولكنها لا تزال مهمة لقوة الرصفة، فضلًا عن الحماية من الصقيع والمياه المصرفة. عند استخدام Seal Coat كطبقة سطحية، فإن القاعدة عمومًا هي الطبقة التي تساهم بشكل أكبر في الصلابة الهيكلية. ينتج التصميم الهيكلي النموذجي عن سلسلة من الطبقات التي تنخفض تدريجيًا في جودة المواد كلما زاد العمق.

تحتوي الرصفة المرنة على طبقات أساسية من القطع الحجرية المكسورة، إما مدمجة في مكانها في طراز McAdam أو ملصوقة مع البيتومين لتشكل الأسفلت. وللحفاظ على قابلية التشغيل، يتم إختيار الحجارة التي تشكل طبقات الأساس بتدرج محدد يتأثر بالمصمم ويجب أن تكون من الحجارة المسحوقة. في البداية، يجب تسخين البيتومين إلى درجة حرارة (300 - 400 درجة فهرنهايت) (150 - 2000 درجة مئوية) من أجل جعله سائلًا بالقدر الكافي للخلط مع الحجارة (في الأردن، تبلغ درجة حرارة التسخين القصوى 170 درجة مئوية). في موقع الطريق، تضع آلة الرصف (Asphalt Finisher) الخليط الساخن في طبقات حوالي ضعف سماكة حجم الحجر بحيث يمكن تغطيتها بالبيتومين. ثم يتم دحل الطبقات بشكل كامل (مداحل المطاط و الحديد) قبل أن يبرد الخليط ويتصلب. يوضح الشكل (7) طبقات الرصفة الصلبة والمرنة.



الشكل رقم (7) مقطع عرضي لرصفة الحديثة (على اليسار) الرصفة القائمة على الأسفلت المرن (على اليمين) الرصفة الصلبة القائمة على الاسمنت البورتلاندي

(ب-3) الفرق بين الرصفة المرنة والصلبة:

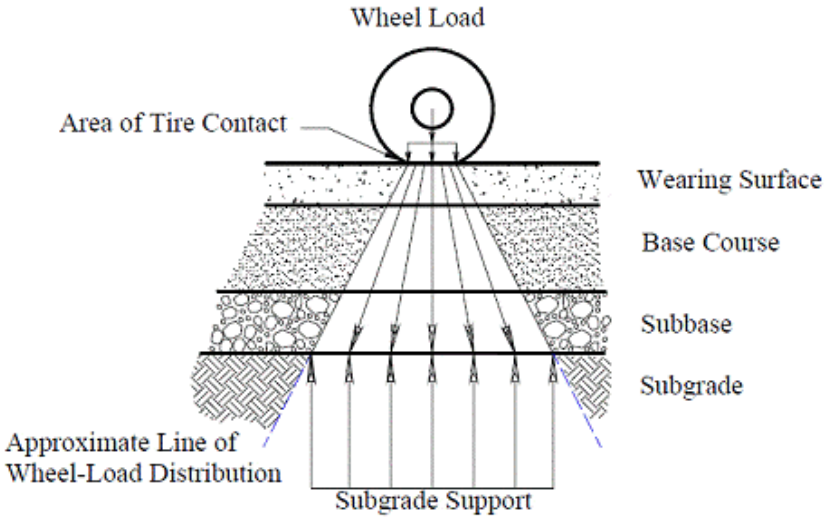
1. تختلف الرصفة المرنة عن الرصف الصلب من حيث توزيع الأحمال. في الرصفة المرنة يعتمد توزيع الأحمال في المقام الأول على نظام الطبقات. بينما، في حالة حالات الرصف الصلب، تتحمل البلاطة نفسها معظم الحمل، في حين لا تتحمل الطبقات الأساسية سوي حمل طفيف.

2. تعتمد القدرة الهيكلية للرصفة المرنة على خصائص كل طبقة على حدة. في حين أن القدرة الهيكلية الرصفة الصلبة تعتمد فقط على خصائص البلاطة الخرسانية. وذلك بسبب إنخفاض قدرة التربة التي تحمل التربة الأساسية.
3. في حالات الرصفة المرنة، تقل شدة الحمل مع زيادة العمق، بسبب توزيع الحمل في كل طبقة واحدة. بينما في حالة الرصفة الصلبة تحمل البلاطة الخرسانية نفسها الحد الأقصى من شدة الحمل، وذلك بسبب ضعف الطبقة التحتية.
4. في الرصفة المرنة، يكون حوض الانحناء عميق جدا، بسبب إعتماده على الطبقات الأساسية. بينما في الرصفة الصلبة، يكون حوض الانحناء ضحل، وهذا بسبب إستقلالية الرصفة الصلبة عن الطبقات الأساسية.
5. يتمتع الرصفة المرنة بمعامل مرونة منخفض جدًا (أقل قوة). في حين أن معامل مرونة الرصف الصلب مرتفع للغاية، بسبب الخرسانة عالية القوة وقدرة تحمل أكبر للرصف نفسه. مقارنة بحالات الرصف المرن.
6. في الرصفة المرنة، تلعب الطبقات الأساسية دورًا مهمًا للغاية. لذلك، تلعب الطبقات الأساسية دورًا أكبر. في الرصفة الصلبة، تلعب الطبقات الأساسية دورًا طفيفًا، حيث تلعب الطبقة العليا الدور الأكبر (أي البلاطة) نفسها.

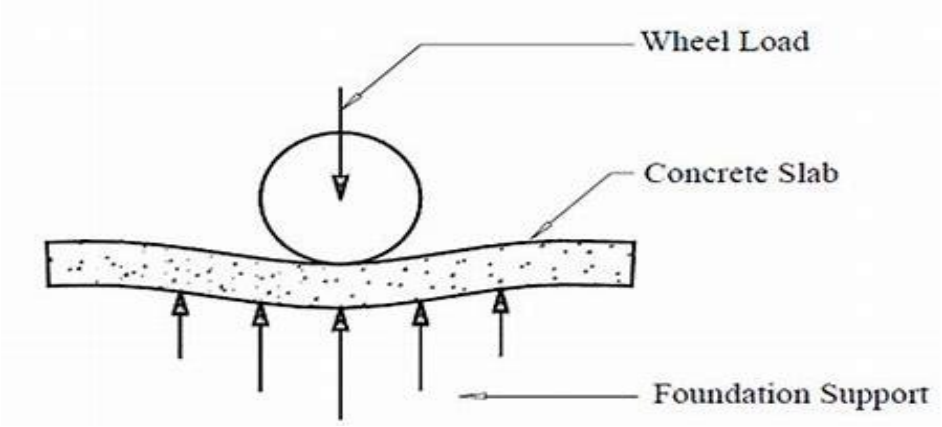
يلخص الجدول أدناه الفرق بين الرصفة الصلبة والمرنة:

الرصفات المرنة	الرصفات الصلبة
الطبقة الأساسية هي الإسفلت	الطبقة الأساسية هي الخرسانة
تتكون من عدة طبقات	تتكون من طبقة واحدة
التصميم يعتمد على خواص المواد المكونة للطبقات و عدد الطبقات	التصميم يعتمد على قوة تحمل الخرسانة
سماكة الرصفة كبيرة	سماكة الرصفة قليلة
كلفة إنشاء قليلة	كلفة إنشاء عالية
لا تحتوي على فواصل	تحتوي على الفواصل
تتأثر بالزيوت و المواد الكميائية	لا تتأثر بالزيوت و المواد الكيميائية
عمر الرصفة يجب أن يكون من 10-15 سنة	عمر الرصفة يجب أن يكون من 20-25 سنة
الأحمال تنتقل من حبيبة لحبيبة بداخل الطبقة و من طبقة لأخرى	الأحمال تكون محملة على البلاطة
قوة إنثناء قليلة	قوة إنثناء عالية

تُعد مقاومة الثني، والمعروفة أيضًا بمعامل التمزق، أو مقاومة الانحناء، أو مقاوم التمزق العرضي خاصية مادية، يتم تعريفها على أنها الشد الموجود في المادة قبل أن تخضع لاختبار الثني. تمثل مقاومة الثني أعلى ضغط يتم التعرض له داخل المادة في وقت الانثناء.



الشكل رقم (8) نقل أحمال العجلات في الرصفة المرنة



الشكل رقم (9) نقل أحمال العجلات في الرصفة الصلبة

القسم (ج) رصفة الخليط الأسفلتي الحار:

يرمز رصفة HMA إلى " الخليط الأسفلتي الحار" ويصنف على أنه رصفة مرنة وأحيانًا يطلق عليه "رصفة البتيومينة"، وهو عبارة عن مزيج من 95٪ تقريبًا من الحجارة أو الرمل أو الحصى المرتبطين معًا بإسمنت الإسفلت، وهو منتج من النفط الخام. أسمنت الإسفلت هو عبارة عن ركام ساخن، مدمج، وممزوج مع الركام الموجود في ملحق الخليط الأسفلتي الحار، يتكون هيكل الرصفة المرنة عادة من عدة طبقات من المواد. تتلقى كل طبقة الأحمال من الطبقة الأعلى منها، وتوزعها ثم تمرر هذه الأحمال إلى الطبقة التالية أدناها. يوضح الشكل رقم (10) النمط الأساسي النموذجي لرصفة الخليط الأسفلتي الحار.

الشكل رقم (10) المكونات الأساسية لرصفة الخليط الأسفلتي الحار

تعتمد طبقات الرصفة المرنة على تصميم الرصفة، ولكنها يمكن أن تحتوي على جزء من العناصر التالية أو كلها:

- طبقة الأسفلت السطحية Wearing Asphalt
- طبقة الأسفلت السطحية الرابطة Binder Wearing Asphalt
- الطبقة الأساسية Base course
- طبقة ما تحت الأساس Sub base course،
- الطبقة التأسيسية Sub grade

(ج-1) الطبقة الإسفلت السطحية Wearing Asphalt:

الطبقة السطحية هي طبقة إسفلتية علوية تتلامس مباشرة مع الأحمال المرورية وتسمى الطبقة السطحية. من المفترض أن تتحمل العبء الأكبر من حركة المرور ويمكن إزالتها واستبدالها عندما تصبح بالية. وتتمثل إحدى وظائف الرصف في توفير غطاء مقاوم للماء لهيكل الرصفة السفلي. يمكن تحقيق ذلك إذا كانت الرصفة غير مُنفذ ولا يوجد به شقوق.

كما يجب أن تضم الطبقة السطحية انحدار عرضي مناسب لتصريف المياه على الفور (من المطر أو ذوبان الثلج أو الجليد) بعيدًا عن سطح الطريق. على الطريق المستقيم، سيتراوح الانحدار العرضي بين 3 و 5٪. أما بالنسبة إلى الأسفلت، فإن الانحدار العرضي الموصي به يبلغ 3٪، وبالنسبة للطرقات الحصوية فإنه يبلغ 5٪. يتم تطبيق الانحدار العرضي على الطريق المستقيم عادة كمقطع تاجي. انظر الملحق ز-7.

(ج-2) الطبقة الإسفلت السطحية الرابطة Binder Wearing Asphalt:

هي طبقة إسفلتية تتركب من الركام متوسط الحجم المرتبط بمواد بيتومينية، حيث يتم وضعها بين الطبقة السطحية الإسفلت والطبقة الأساسية. تتم إضافتها للطرق مرتفعة الأحمال حيث تكون حركة المرور ثقيلة وأحيانًا عندما تكون التربة ضعيفة جدًا. انظر الملحق ز-7.

(ج-3) الطبقة الأساسية Base Course:

هي الطبقة التي تقع مباشرة تحت طبقة الإسفات السطحية أو طبقة الإسفلت السطحية الرابطة (ينطبق ذلك على ما إذا كانت الطبقة السطحية من البيتومين أو الخرسانة الإسمنتية). وحيث أن طبقة الأساس تقع بالقرب من سطح الرصيف، فإنها تخضع لحمل شديد. يجب أن تكون المادة الموجودة في طبقة الأساس ذات جودة عالية للغاية ويجب أن يتم بناؤها بعناية.
تعتبر طبقة الأساس بمثابة المكون الهيكلي الأساسي للرصفة المرنة. فهي توزع حمولة العجلات المفروضة على أساس الرصف، طبقة ما تحت الأساس، و/أو الطبقة التأسيسية.

يجب أن تكون الطبقة الأساسية ذات:

1. جودة مواد كافية
2. سمك كاف لـ :
   - أ- منع تلف الطبقة التأسيسية و/أو طبقة ما تحت الأساس،
   - ب- تحمل الضغوط الناتجة في الأساس نفسه،
   - ت- مقاومة الضغوط الرأسية التي تميل إلى إنتاج الدمج وتؤدي إلى تشويه الطبقة السطحية،
   - ث- مقاومة تغيرات الحجم الناتجة عن التقلبات في محتوي الرطوبة.
3. يجب أن تكون المواد المختارة عبارة عن ركام صلب ومتين، تتمثل متطلبات سطح ركام التربة المرضي في؛
   1) الثبات،
   2) مقاومة التآكل،
   3) مقاومة إختراق الماء،

تنتج جودة الطبقة الأساسية عن تركيبها، وخصائصها الفيزيائية، وضغط المواد.
تكون الطبقة الأساسية بسمك 250 ملم بشكل مثالي، إذا كان التصميم أكبر من ذلك وأقل من 500 ملم، فإنه يجب وضع الطبقة الأساسية بطبقتين متساويتين في السمك. لا ينبغي أن يتجاوز التفاوت في الطبقة بين + 10 ملم إلى- 15 ملم لكل 20 م طول وانحراف الحافة المستقيمة بطول 4 أمتار في أي اتجاه عن 12 ملم. انظر الملحق ز-5.

(ج-4) طبقة ما تحت الأساس Sub Base Course:

يمكن إعتبار هذه الطبقة أساسًا للطريق ويتم إستخدامها في المناطق التي يكون فيها:

1. الصقيع شديد أو
2. التربة التأسيسية ضعيفة للغاية.

تعتبر مادة طبقة ما تحت الأساس طبقة ممتازة جدًا لعمر الطريق الذي يمكن أن يتجاوز عمر السطح، والذي يمكن التخلص منه، وبعد التحقق من أن طبقة ما تحت الأساس مازالت في حالة جيدة، فإنه يمكن وضع طبقة جديدة. المتطلبات المادية لطبقة ما تحت الأساس ليست صارمة مثل تلك الخاصة بالطبقة الأساسية حيث أن طبقة ما تحت الأساس تخضع لضغوط حمولة أقل.
تُصنف طبقة ما تحت الأساس في (أ و ب) على أساس التدرج، ويكون الوضع المثالي لطبقة ما تحت الأساس 20 سم سمكًا، إذا كان تصميم طبقة ما تحت الأساس بسمك يقل عن 50 سم، فإنه يجب وضعها في طبقتين بسماكة متساوية. يجب ألا يتجاوز الانحراف السطحي النهائي 10 ملم للحافة المستقيمة بطول 3 متر في أي اتجاه وتفاوت من + 10 إلى -20 ملم لكل 10م طول، سيتم تعويض - 20 ملم في الطبقة التالية.
انظر الملحق ز-6.

(ج-5) الطبقة التأسيسية Sub Grade:

إن الطبقة التأسيسية هي طبقة التربة الموجودة والتي تشكل أساس نظام الرصف وليس لها سمك. تخضع تربة الطبقة التأسيسية لضغوط أقل من طبقات السطح والأساس وما تحت الأساس. نظرًا لأن ضغط الحمل ينخفض مع العمق، فإن ضغط الطبقة التأسيسية المتحكم عادةً ما يقع في الجزء العلوي من الطبقة التأسيسية. هذا هو السبب في أنهم يسمون الـ 20 سم العلوية من الطبقة التأسيسية هي الطبقة الفعالة من الطبقة التأسيسية حتى لو كانت أكثر من ذلك.

يجب أن تكون السماكة المدمجة لطبقة ما تحت الأساس، وطبقة الأساس والطبقة السطحية كبيرة بما يكفي لتقليل الضغوط التي تحدث في الطبقة التأسيسية إلى قيم لن تسبب تشوهًا مفرطًا أو تشريدًا لتربة الطبقة التأسيسية.

يجب أن تتم صيانة سطح الطبقة التأسيسية النهائية بشكل منتظم لضمان الثبات وتصريف مياه الأمطار، في حال تركيب الطبقة الثانية التي تكون عبارة عن طبقة ما تحت الأساس تأخر لأكثر من 14 يومًا، فإنه يتعين الحصول على موافقة المهندس.

يمكن أن تكون مواد الطبقة التأسيسية حشوة صخرية أو طبقة فوقية محددة من التربة. يكون التفاوت الخاص بالسطح النهائي كما هو مبين أدناه:

الطبقة التأسيسية من الحشوات الصخرية Rock Fill	(+ أو - 50 ملم)

مواد مختارة للتعبئة من نواتج الحفر	(+10 أو - 30 ملم)

(ج-6) الرصف البيتومين:

يتكون من مزيج من الركام المعدني مع مادة رابطة من البيتومين تتراوح بين المعالجة السطحية غير المكلفة حوالي 4/1 أو أقل في سمك الخرسانة الإسفلتية. للحصول على خدمة جيدة طوال حياة الطريق، يجب أن يحتفظ الرصفة البيتيومينية بالخصائص التالية.

- الخلو من التشقق أو الانهيار.
- مقاومة الطقس بما في ذلك تأثير حرارة المياه السطحية وبرودتها.
- مقاومة الرطوبة الداخلية، خاصةً أبخرة الماء.
- سطح غير منفذ محكم أو سطح مسامي (إذا كان أي منهما مطلوبًا للثبات المتضمن للقاعدة الأساسية أو الطبقة التأسيسية).
- قيادة سلسة وسطح غير منزلق.

البيتومين هو سائل لزج أو صلب أو شبه سائل يتكون أساسًا من الهيدروكربونات ومشتقاتها القابلة للذوبان في ثاني كبريتيد الكربون، وهو غير قابل للتطاير بدرجة كبيرة ويخفف تدريجيًا عند تسخينه. ويكون أسود أو بني اللون وله خصائص لاصقة ومقاومة للماء.

القسم (د) الإختبارات والتعاريف ومفاهيم الطرق:

في عقود إعادة إنشاء وعقود إعادة التأهيل الطرق يتم التعامل مع المواد بشكل رئيسي، لذلك إذا أردنا الحصول على جودة أفضل للطرق، فإننا بحاجة إلى معرفة خصائص تلك المواد وطبيعة الاختبار الذي يجري على تلك المواد أثناء تنفيذ العقد.
التعريفات المهمة التي تظهر دائمًا أثناء التعامل مع الطرق:

(د -1) اختبار التآكلAbrasio Test:

إختبار خاص بصلابة وسلامة الركام، يخضع الركام للقوى الناجمة عن الاحتكاك الناتج بين عجلات السيارة والطبقة السطحية العليا من الطريق ويتم نقل هذه القوى إلى كل الطبقات التي تشكل جسم الطريق، وهذه القوى تسبب تآكل الركام، لذا في معايير اختيار مواد ركام الطريق يجب أن تكون ذو قيمة معينة لمقاومة التآكل.

هناك العديد من أنواع اختبار التآكل المستخدمة في جميع أنحاء العالم مثل:

1. اختبار لوس أنجلوس للتآكل، يستخدم هذا النوع في الأردنLoss Angeless Abrasion Test
2. اختبار ديفال للتآكلDeval Abrasion Test،
3. اختبار دوري للتآكلDory Abrasion Test،

يتم إجراء اختبار Loss Angeless على الدوران من خلال آلة تكون عبارة عن أسطوانة معدنية بعرض 50 سم وارتفاع 70 سم من الأسطوانة أو قطر الأسطوانة الداخلي، يوجد داخل الأسطوانة رف معدني يوضع بـ 125 ملم في اتجاه الدوران أسفل باب الأسطوانة. يوضح الشكل (11) أدناه الآلة.

الشكل رقم (١١) آلة Loss Angeless

يجب أن توضع العينة في الفرن لمدة 2-4 ساعات في (110-120) درجة مئوية، حيث سيتم وضع 12 كرة فولاذية بقطر 48 ملم ووزن يتراوح بين (39- 45) جم في أسطوانة مستديرة مع عينة وفقًا لتدرج العينة. يمكن معايرة دوران الأسطوانة إلى 100، 500 أو 1000 دورة في الدقيقة.

Loss Angeless Value = Weight of passing sieve No. 12/ Total sample weight

يستند هذا الاختبار إلي معايير AASHTO T96 التي تمثل (الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل)(American Association of State of Highway and Transportation Officals)

(د-2) اختبار مؤشر اللدونة Plasticity Index:

مؤشر اللدونة هو ببساطة الفرق العددي بين حد السائل والحد اللدن ويشير إلى حجم نطاق محتوى الرطوبة الذي تبقى التربة عنده لدنة.

حد السائل (LL): الحد الأدنى من محتوي الماء التي تكون فيها التربة في حالة سائلة وتكون لها قوة على التدفق.

الحد اللدن (PL): الحد الأدنى من محتوى الماء حيث تبدأ التربة في الانهيار عند الدوران في قضيب قطره 3 ملم.

وهو مقياس للصفات المتماسكة الرابطة الناتجة من محتوى الطين. كما أنه يوفر بعض المؤشرات عن مقدار التمدد والانكماش الذي من شأنه أن يؤدي إلى ترطيب وتجفيف هذا الجزء الذي تم اختبارها. إذا كانت بعض أنواع التربة لا تحتوي على ترابط ميكانيكي كافٍ، فإنها تتطلب كميات من المواد المتماسكة لتقديم أداء مرضٍ. قد يتسبب نقص الرابطة الطينية في حدوث ارتشاح لطبقات الحصى أثناء الطقس الجاف والنفاذية المفرطة.

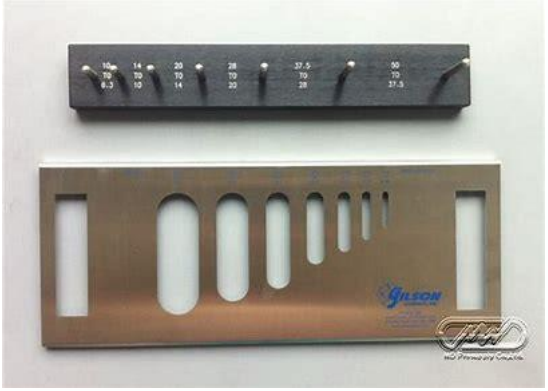
توضيح النسبة المئوية للركام الناعم الذي يمر بالمنخل رقم 200، والذي يحتوي على الرمل الناعم والطين، قد تؤثر أي زيادة في مؤشر اللدونة على قوة ومتانة غلاف المزيج مما ينتج عنه تكوين قنوات مائية عبر المزيج الساخن وعدم كفاية طلاء الأسفلت للركام. يجب ألا تكون تلك النسبة أكثر من 4٪ إلى 6٪.

يتم إجراء الاختبار بناء على معايير الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل ASSTHO.

(د -3) اختبار الفلطحة والاستطالة Flackiness and Elongation:

يحدد نوع الصخور ونوع آلة التكسير بشكل كبير شكل وحجم الركام المنتج. عادةً ما تكون الأحجار المائلة وغير المستوية غير مناسبة جدًا لأعمال الطرق نظرًا لأن شكلها وحجمها يجعلان من الصعب ضغطها. على هذا النحو يجب إجراء اختبار الفلطحة والإستطالة لتحديد مدى ملاءمة المادة. تشير هذه الاختبارات إلى وجود نقطة ضعف في مزيج الإسفلت خلال عملية الدحل مما يتسبب في تكسير الأحجار بسبب الحمولة وقابلية التشغيل المنخفضة في تصميم المزيج الخرساني.

يتم تحديد إختبار الفلطحة للركام على أساس تدرج الطبقة المصممة بحيث يتم إجراء هذا الاختبار لجميع المناخل، ويتم أخذ كمية الركام التي تمر عبر المنخل رقم N والاحتفاظ بها على المنخل التالي وليكن رقم Y ونقوم بوزنه، ثم نستخدم مقياس الفلطحة لتحديد المقدار المار عبر عرض معين على ذلك المقياس ونقوم بوزنه استنادًا إلى فتحة المنخل، ويحسب عرض مقياس الفلطحة بـ (N+Y)/2 * 3/5
يتم تحديد اختبار استطالة الركام لكل المناخل المشمولة في التصميم لطبقة معينة، يتم أخذ كمية الركام التي تمر عبر المنخل رقم N والاحتفاظ بها على المنخل التالي وليكن رقم Y ونقوم بوزنه، ثم نستخدم مقياس جهاز الاستطالة لتحديد مقدار الركام المحتفظ به في بعض الفتحات، ويحسب عرض مقياس جهاز الاستطالة بـ (N+Y)/2 * 9/5



الشكل رقم (12) معدات الاستطالة والفلطحة

(د-4) اختبار المكافئ الرملي Sand Equivelant:

يحدد إختبار المكافئ الرملي الكم الهائل من الرمل مقابل الطين Clay في التربة ويحدد أيضًا نسبة الغبار والطين في الركام الناعم Fine Aggregate، وينبغي أن تكون عينة الاختبار من الركام الذي يمر عبر المنخل رقم 4 (4.75 ملم)، قد يسهم الغبار الكبير والطين في نقص الثبات وعدم وجود طبقة أسفلت كافية للركام مما يسبب ضعف الرابطة في مزيج الأسفلت. كلما إرتفع المكافئ الرملي كلما كانت العينة أنظف.
في إختبار المكافئ الرملي، تحضر عينة من الركام (1000-1500) غم الذي يمر عبر المنخل رقم 4 (4.75 ملم) مع كمية للإختبار من 500-750غم، لتر واحد من المحلول الترسيب (كلوريد الكالسيوم)، أنبوب الري، رجاجة ميكانيكية، إسطوانة بلاستيكية مدرجة، علب للعينات وضابط للوقت.
الخطوات:

1. ضع العينة في وعاء الخلط وصب كمية صغيرة من الماء على العينة حتى تصبح متماسكة كفاية بقبضة اليد. ثم قم بتغطية العينة بقطعة قماش لمدة 15 دقيقة للسماح للركام بامتصاص الرطوبة.
2. ضع العينة على ورقة من البلاستيك واخلطها باستخدام زوايا قطرية.
3. احصل على علب العينة وقم بملئها يدويًا عبر المركز العينة باستخدام اليدين وتخلص من المادة الفائضة.
4. ضع 100 مل من كلوريد الكالسيوم في إسطوانة متدرجة ثم ضع العينة في سدادة مستخدمًا يدك في قاع الاسطوانة لإطلاق أي فقاعات هوائية، واحتفظ بها لمدة 10 دقائق لتهدأ،
5. هز الاسطوانة يدويا ثم ضعها في رجاجة ميكانيكية لمدة 45 ثانية،
6. قم بإزالة الأسطوانة وأضف المزيد من محلول الترسيب إلى الأسطوانة باستخدام أنبوب الري حتى يصل إلى 380 ميللتر، وأثناء الإضافة قم بتحريك أنبوب الري بحيث يتم خلط الرمل والغبار في محلول الترسيب وسيكون الركام المسحوق في القاع، أترك العينة تستقر دون عائق لمدة 20 دقيقة.
7. قم بقياس قراءة الطين، ثم استخدم قضيب معدني بثقل وقس قراءة الرمل.

المكافئ الرملي= قراءة الرمل/قراءة الطين × 100%

(د -5) الصلابة Soundness :

هي المقاومة ضد التفكك أو يمكننا القول إنها عبارة عن قدرة الركام على مقاومة التغيير في الحجم بسبب التغير في الظروف الفيزيائية (التجميد، الذوبان، تغير درجة الحرارة في الحالة الطبيعية). يتم إجراء اختبار الصلابة على عينة من الركام الجاف النظيف باستخدام محاليل سلفات الصوديوم (Na2So4) أو سلفات المغنيسيوم (Mg2So4).

يتم وزن الركام النظيف وحسابه ويتم غمره في محلول كبريتات الصوديوم أو كبريتات المغنيسيوم لمدة (16-18) ساعة. ثم يتم تجفيفه في الفرن إلى 105-110 درجة مئوية وهذه ستكون دورة واحدة، ويتم فحص الركام لمعرفة ما إذا كان هناك أي خسارة أو تفكك في الوزن حيث بعد خمس دورات يجب أن لا يزيد التفكك بسبب:

- كبريتات الصوديوم عن 12٪.
- سلفات المغنيزيوم عن 18 ٪،

تتسبب هذه العملية في تكوين بلورات الملح في المسام القابلة للنفاذ بالركام. يخلق تشكيل هذه البلورات قوى داخلية تطبق الضغط على مسام الركام وتميل إلى كسر الركام.

(د-6) الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)

الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) هي الحجم الفراغ الحبيبي بين جسيمات خليط الرصف المضغوط، وهي تتضمن فراغات هوائية موجودة بين جسيمات الركام في خليط الرصفة المضغوط ومساحات من الأسفلت التي لم يمتصها الركام أو ما نسميه محتوى الأسفلت الفعال.

VMA = Vair + Vua
Vair = Volume of air
Vua = Volume of un absorbed asphalt

تمثل الفراغات الموجودة في الركام المعدني المساحة المتوفرة لإستيعاب الإسفلت كعامل ربط ويكون حجم الفراغات الهوائية ضروري في الخليط للحصول على وضع المرونة. كلما زادت الفراغات الموجودة في الركام المعدني في الركام الجاف، كلما زادت المساحة المتاحة لطبقات الإسفلت التي تعتبر طلاء للركام. كلما كانت طبقات الإسفلت على جزئيات الركام أكبر سمكًا، كلما كان المزيج أكثر متانة، يتم تحديد الحد الأدنى من المتطلبات للفراغات الموجودة في الركام المعدني في معظم المواصفات. يجب الالتزام بقيم الفراغات الموجودة في الركام المعدني الدنيا بحيث يمكن تحقيق سمك غشاء الإسفلت المتين.

هناك حاجة إلى الفراغات الموجودة في الركام المعدني بما يكفي لضمان أنه يمكن إضافة كمية كافية من الإسفلت إلى الخليط دون الإفراط في ملء الفراغات مما ينتج عنه نزف الإسفلت.
يُقصد بمتانة الفراغات الموجودة في الركام المعدني قدرة المزيج على الاحتفاظ بخصائصه الأصلية، وهذا يشمل أولًا مقاومة الحمل وثانيًا مقاومة التآكل.

تصبح مقاومة الحمل ضعيفة عندما:

- يصبح الأسفلت صلبًا وهشًا (لا يمكن أن يتحمل الصدوع أكثر دون تكسير)،
- هروب الأسفلت من الركام، انظر الشكل (13) أدناه

الشكل رقم (13) هروب الأسفلت

مقاومة التآكل:

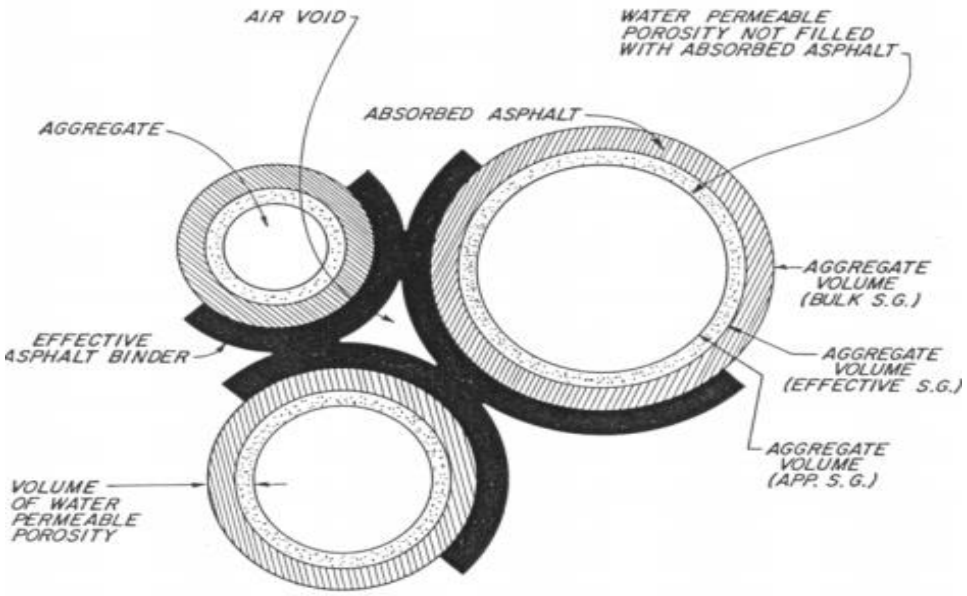
- يكون محتوى الفراغات مرتفعًا مما يسمح للهواء والماء بتصلب الأسفلت قبل الأوان،
- الاسفلت والركام غير متوافقين، والتصميم لا يدمج هذه العناصر المهمة مع بعضها بشكل صحيح،
- طبقات الإسفلت ليست سميكة بما يكفي لتحمل حمل التآكل الناجم عن الإطارات،

يؤثر محتوى الأسفلت الفعال على المتانة التي تؤثر أيضًا على الفراغات الموجودة في الركام المعدني، لذلك إذا أردنا تحسين متانة الخليط، يجب أن نضع في الاعتبار أن محتوى الأسفلت الأكثر فعالية له التأثير الأكبر على طبقة الإسفلت الموجودة حول الركام. لنفس المحتوى الأسفلتي، يمكن زيادة سمك الطبقة حول الركام عن طريق عمل تدرج للركام الخشن أو تقليل الركام الناعم،

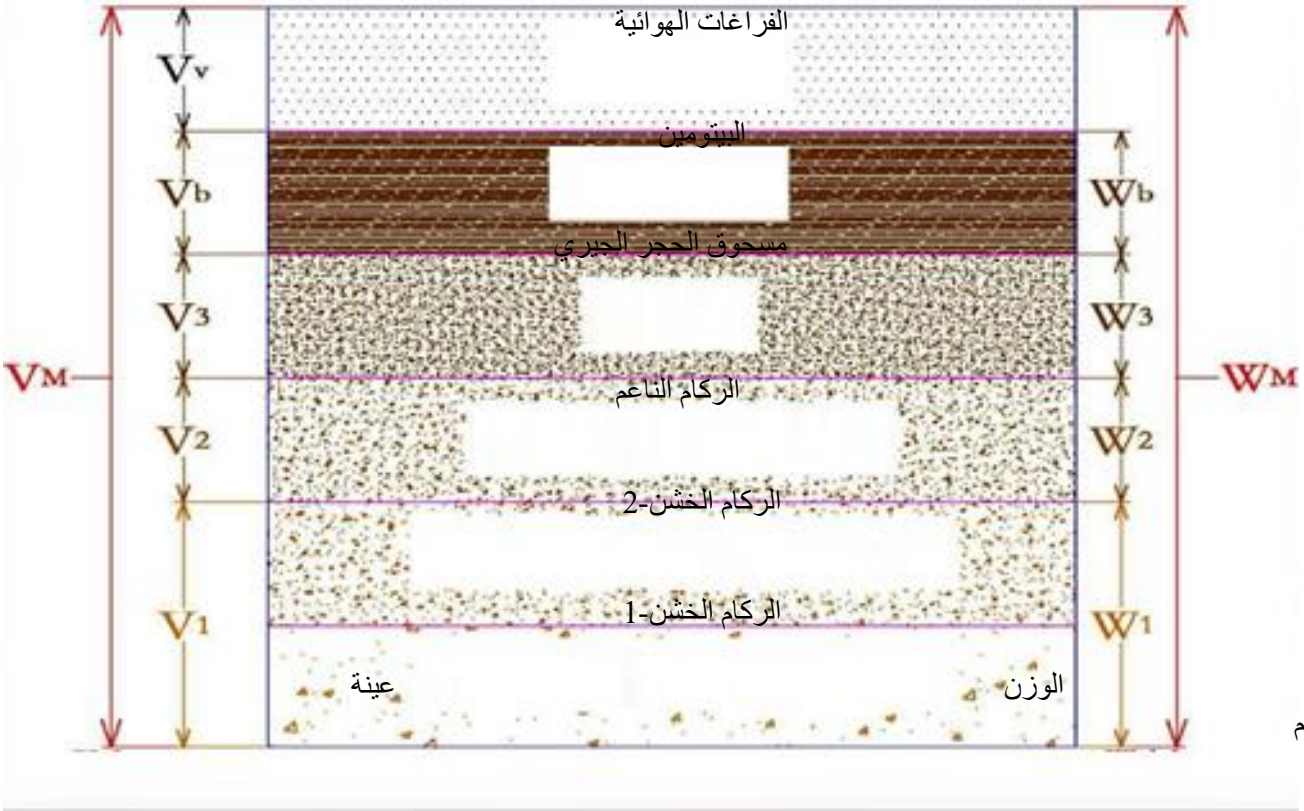
ينقسم محتوى الأسفلت في مزيج التصميم إلى:

1. امتصاص الأسفلت من خلال الركام،
2. عامل الربط بين الركام أو ما نسميه الأسفلت الفعال،

ومن العوامل الأخرى التي تؤثر على المتانة سماكة طبقة الإسفلت التي يمكن وصفها بأنها أبعاد الرابطة الإسفلتية التي تغطي جزئيات الركام، تتسبب الطبقة الرقيقة في ربط أقل بين الركام مما ينتج عنه "مزيج جاف" وكذلك سيتم أكسدة كمية الفراغات الهوائية الداخلة إلى الخليط مما يجعل خليط الإسفلت هشًا، إذا كان الركام محبًا للماء، لذلك إذا تم بناء طبقة رقيقة من الغشاء الإسفلتي، فسوف يتم اختراقها بسهولة بالماء مما يتسبب في إفساد أو تجريد رابطة الإسفلت من الركام.

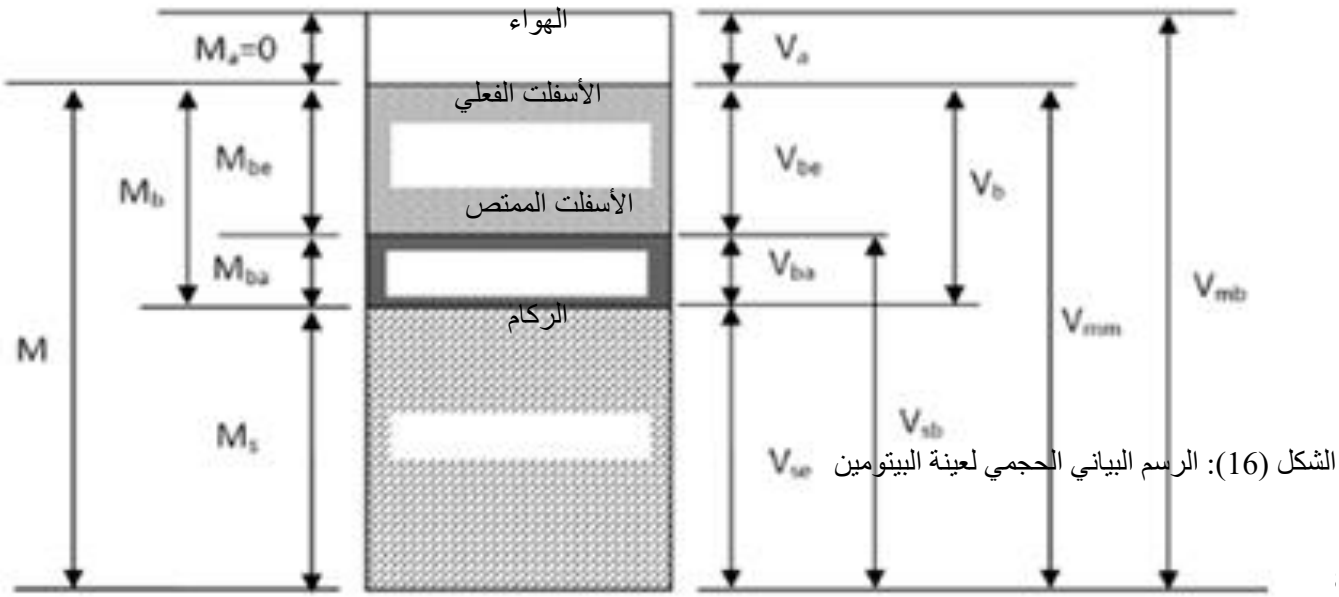


الشكل رقم (14): يبين الفراغات الموجودة في الركام المعدني بين الجسيمات



الشكل (15): حجم عينة البيتومين

الحجم الكتلة



الشكل (16): الرسم البياني الحجمي لعينة البيتومين

(د-6-أ) العوامل المؤثرة على الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)

يلخص الجدول أدناه أهم العوامل المؤثرة على الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)

العامل	الأثر على VMA
تدرج الركام (توزيع حجم الركام)	تدرج خشنيؤدي لزيادة الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)
شكل الركام	الركام المستدير لتقليل الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)
نسيج الركام	الركام الناعم أو المصقول يقلل الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)
إمتصاص الأسفلت	زيادة إمتصاص الأسفلت يقلل الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) لنفس المستوى الضغط
محتوى الغبار	زيادة الجزيئات الناعمة والغباريؤدي لزيادة مساحة السطح، وتقليل الغشاء الإسفلتي حول الركام و يقلل (VMA)
درجة حرارة الإنتاج في المحطة	درجة حرارة عالية في المصنع يقلل لزوجة الأسفلت، زيادة إمتصاص الأسفلت، إنخفاض محتوى الأسفلت الفعال، إنخفاض الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA)، (120 – 165) درجة مئوية
درجة حرارة الخليط الأسفلتي الحار (HMA) أثناء الرصف	درجة حرارة عالية ،نتاج خليط ليّن، غشاء سطحي لامع، انخفاض فراغات الهواء المنخفضة وانخفاض الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) وتقشير السطح

في هذا الجدول، نتناول محتوى أسفلت معين لتصميم الخليط

(د-6-أ-1) تدرج الركام:

سيؤثر تغيير التدرج (توزيع حجم الجسيمات) للخليط على مقدار الفراغ في هيكل بنية الركام، ويتم فصل تأثير التدرج عن تأثيرات قوام الشكل والسطح إذا كانت جميع أحجام الجسيمات لها نفس الشكل والقوام.

وسيؤدي خفض محتوى الغبار في الخليط إلى زيادة الفراغات الموجودة في الركام المعدن (VMA). وقد لا يكون هذا التأثير ناتج كليًا من تأثير التدرج، ولكن لا يقل تأثيره عن التأثير الأقوى على الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA). كما أن تقليل محتوى الغبار إلى الحد الأدنى من المواصفات سيزيد من كمية الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) التي يمكن الحصول عليها.

مصدر المواد الناعمة:

1- إذا كان مصدر الغبار من مسحوق معدني فمن ثم يمكن أن يكون ضبط التدرج مجرد مسألة تقليل الكمية المستخدمة.
2- إذا كان مصدر الغبار بشكل أساسي من أحد أكوام الركام، مثل مواد الغربلة، فحاول تقليل كمية هذه الكومة. وإذا كانت مواد الغربلة هي المصدر الأساسي للمواد الناعمة المُصنّعة فقط والداخلة في الخليط، فمن ثم قد يكون من الضروري غسلها أو خلطها بمواد مغربلة. ولكن يجب التحقق أولًا من الطرق الأخرى الأسهل لزيادة الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA).

هذه المواد الناعمة ستقلل الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) من الخليط المنتج لأنها تؤدي إلى زيادة مساحة السطح وتقليل حجم الهواء.

(د-6-أ-2) شكل الركام:

من المرغوب فيه على وجه العموم أن تكون جسيمات الركام بشكل زَاوِيّ إلى حدٍ ما في خليط الأسفلت بنسبة معينة. بينما تكون أشكال الجسيمات المسطحة والمطوّلة غير مرغوب فيها. في الخليط المضغوط، تظهر الجسيمات ذات الشكل المكعب قدرًا أكبر من التشابك والاحتكاك الداخلي، وهو ما يؤدي إلى ثبات ميكانيكي أكبر من الجسيمات المسطحة والمطوّلة، ويتعرض الخليط ذو الجسيمات المسطحة والمطولة إلى التكثيف أثناء حركة المرور، مما يؤدي في النهاية إلى وجود أخاديد بسبب انخفاض الفراغات و Plastic Flow.

ينتج عن الكميات الأكبر من الركام المسحوق والركام المسحوق الزاوي بشكل عام كمية أكبر من الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA). وتأتي الزيادة في الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) من الركام الزاوي مما يخلق فراغًا أكبر أثناء الضغط بسبب زيادة عدد الحواف الحادة والأوجه المكسورة. وبما أن الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) تحتوي على فراغات هواء ومحتوى الأسفلت الفعال، فإن زيادة الفراغات الهوائية في الخليط المضغوط تزيد من الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA) وتسمح بزيادة الأسفلت في الخليط.

ومن الناحية التجريبية، تقرر أن الكميات الأكبر من الرمل الطبيعي المستدير والركام المستدير ستؤدي عمومًا إلى انخفاض الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA). وتتمتع الجسيمات المستديرة بالقدرة على التناسب والملائمة بشكل كثيف مع بعضها البعض نظرًا لسلاسة السطح ونقص الحواف الزاويّة التي تقلل معًا من عملية الاحتكاك الداخلي. ويقلل الانخفاض في الاحتكاك الداخلي وقدرة الركام غير المسحوق على الضغط بسهولة أكبر في الإعداد الكثيف مما يقلل المساحة الفارغة، ويؤدي في النهاية إلى انخفاض في الفراغات الموجودة في الركام المعدني (VMA).

(د-6-أ-3) قوام الركام:

يتم وصف قوام سطح الركام من حيث الجودة حسب الدرجة التي يتم بها صقل الركام، حيث تحتوي جسيمات الركام المصقولة على أسطح ملساء. وبالنسبة لجسيمات الركام المستديرة، فإنها تساهم في انعدام الاحتكاك الداخلي، القابلية للإنضغاط، وانخفاض مساحة الفراغات والفراغات الموجودة في الركام المعدني. ويتميز الركام ذو القوام السطحي الخشن على مستوى عالٍ من الاحتكاك الداخلي، ومحتويات أعلى من الفراغ الهوائي، وارتفاع نسبة الفراغات الموجودة في الركام المعدني. وبالإضافة إلى ذلك، فإن الركام الأكثر خشونة يتمتع بالقدرة على تحسين التصاق مادة ربط الأسفلت بالركام بسبب قوام السطح المتعرج.

ومن بين الجوانب الأخرى لقوام سطح الركام هو مقدار المساحة السطحية. وبشكلٍ عام، كلما زادت خشونة السطح، زادت مساحة السطح. ولذلك، يحتاج الركام الخشن إلى المزيد من الأسفلت لتغطية الجسيمات الفردية مقارنة مع الركام الناعم،وهذا يقلل من سُمك غشاء الركام العام ولا يؤدي بالضرورة إلى انخفاض الفراغات الموجودة في الركام المعدني حيث يظل محتوى الأسفلت الفعال بنفس الدرجة من دون تغيير. ومع ذلك، يمكن أن تنشأ مشاكل المتانة بسبب تقليل سُمك الغشاء، بصرف النظر عن الفراغات الموجودة في الركام المعدني في الخليط.

(د-6-أ-4) الامتصاص

تعتمد كمية طبقة ربط الأسفلت التي يمتصها الركام على:

1 – درجة مسامية الركام،
2- حجم الفراغات،
3- حجم مسام الركام،
4- لزوجة الأسفلت خاصة طبقة ربط الأسفلت.

تتأثر درجة المسامية مباشرةً بحجم الفراغات وحجم المسام. ويسمح الركام ذو الأحجام الأكبر من المسام بزيادة امتصاص رابط الأسفلت. ومع ذلك، فإن الركام ذو المسام الأصغر يتمتع بقدرة امتصاص إنتقائي لرابط الأسفلت الأخف وزنًا. وهذا يؤدي إلى تسريع الشيخوخة المبكرة ويمكن أن يساهم في انعدام المتانة.

تعمل مواد ربط الأسفلت الأكثر لزوجة على الحد من امتصاص الركام بسبب نقص السيولة وعدم القدرة على ملء مسام الركام. وبدلًا من ذلك، فإن مواد ربط الأسفلت غير اللزجة تتمتع بقدرة أكبر على ملء مسام الركام.

(د-6-أ-5) درجات حرارة الإنتاج في المحطة

تنتج مصانع الخليط الأسفلتي الحار خليطًا بدرجات حرارة تتراوح من 120 إلى 165 درجة مئوية (من 250 إلى 325 درجة فهرنهايت). وكلما زادت درجة حرارة الخليط، إنخفضت لزوجة مادة ربط الأسفلت وتزداد إمكانية امتصاص مادة ربط الأسفلت في الركام. ولذلك، إذا كان المصنع ينتج الخليط الأسفلتي الحار في درجات حرارة أعلى من درجات الحرارة المطلوبة للضغط، فإن الركام سيمتص المزيد من مادة ربط الأسفلت، مما ينتج عنه انخفاض محتوى الأسفلت الفعال وانخفاض الفراغات الموجودة في الركام المعدني.

بعد إنتاج الخليط الأسفلتي الحار في المصنع، يتم نقل الخليط إلى موقع الرصف. وعند هذه النقطة، يتم تفريغ الخليط في آلة الرصف أو على الطريق أمام آلة الرصف. وتقوم آلة الرصف بتشكيل الخليط على شكل حصيرة مرصوفة.

تعتبر درجة حرارة الخليط في نهاية هذه العملية مهمة جدًا في تحديد ما إذا كان يمكن الحصول على ضغط كافٍ من عدمه. ويحمل الضغط تأثير كبير على قوة ومتانة رصيف الخليط الأسفلتي الحار. ويتمثل الهدف الرئيسي من ضغط الرصف في تحقيق الكثافة بحيث يكتسب الرصيف القوة والمتانة المطلوبة. ويرتبط توافق الخليط الأسفلتي الحار بلزوجة مادة رابط الأسفلت، والتي تتغير مع درجة الحرارة. وإذا كانت درجة الحرارة أقل من الدرجة المطلوبة وكانت آلة الرصف بارد جدًا، فلن تُحقق الحصيرة الكثافة الكافية مما يؤدي إلى ضعف الثبات والمتانة.

وقت النقل هو الفترة الفاصلة بين تحميل الخليط الأسفلتي الحار من المصنع إلى الشاحنة حتى وقت تمرير الخليط خلال آلة الرصف وخضوعه للضغط. ويمكن أن يؤدي طول وقت النقل إلى برودة الخليط للغاية وذلك بالنسبة لتفريغه وضغطه بشكل مناسب.

(د-7) الفراغات الهوائية:

عبارة عن المساحات الهوائية الصغيرة أو الجيوب الهوائية التي تحدث بين جسيمات الركام المغلفة في الخليط النهائي المضغوط. ومن اللازم وجود نسبة مئوية معينة من الفراغات الهوائية في جميع خليط الطرق السريعة ذو الكثافة المرتفعة للسماح بوجود بعض الضغط الإضافي تحت حركة المرور ولتوفير المساحات التي يمكن أن تتدفق فيها كميات صغيرة من الأسفلت أثناء هذا الضغط اللاحق. وتتراوح النسبة المسموح بها من الفراغات الهوائية (في العينات المختبرية) بين 2.0 في المائة و 4.0 في المائة لمعظم خليط الطبقة السطحية أو حسب م يطلبه المصمم.

متانة الأسفلت هي عبارة عن وظيفة محتوى الفراغات الهوائية، وذلك لأنه كلما إنخفضت الفراغات الهوائية، إنخفضت نفاذية الخليط. ويوفر المحتوى العالي جدًا من الفراغات الهوائية ممرات عبر الخليط لدخول الهواء والماء المُدمرين لمتانة الخليط. ومن ناحية أخرى، يمكن أن يؤدي انخفاض محتوى الفراغات الهوائية إلى التدفق، وهي حالة يتم فيها نتوء الأسفلت الزائد من الخليط إلى السطح.
يعد محتوى الكثافة والفراغات مرتبطين ببعض مباشرة، فكلما زادت الكثافة، انخفضت النسبة المئوية للفراغات في الخليط، والعكس صحيح. ويسمح أي تصميم للخليط الأسفلتي الحار بحد أدنى معين من الفراغات الهوائية وفقًا للضغط وخصائص الركام ودرجات الحرارة وأي مواصفات أخرى مطلوبة للرصف.

(د-8) الفراغات المملوءة بالأسفلت (VFA):

وهي عبارة عن جزء من الفراغات في الركام المعدني الذي يحتوي على طبقة ربط الأسفلت، وهذا يمثل حجم محتوى الأسفلت الفعال. كما يمكن وصفها بأنها عبارة عن النسبة المئوية لحجم الفراغات الموجودة في الركام المعدني المملوء بأسمنت الأسفلت.
إذا كانت الفراغات المملوءة بالأسفلت منخفضة جدًا، فلن يوجد ما يكفي من الأسفلت لتوفير المتانة وزيادة الكثافة تحت حركة المرور والغشاء السطحي. وبالتالي، فإن الفراغات المملوءة بالأسفلت تُعد خاصية تصميم مهمة للغاية.

(د-9) محتوى الأسفلت:

تعتبر نسبة الأسفلت في الخليط نسبة حيوية ويجب تحديدها بكل دقة في المختبر ومن ثم السيطرة عليها بكل دقة أثناء توظيفها. ويعتمد المحتوى الاسفلتي الأمثل لأي خليط بشكل كبير على:

1. خصائص الركام مثل الإمتصاصية والقوام والشكل.
2. تدرج الركام المرتبط مباشرةً بمحتوى الأسفلت الأمثل. فكلما كان تدرج الخليط أنعم، كانت المساحة الكلية للركام أكبر وزادت كمية الأسفلت المطلوبة لتغطية الجسيمات بشكل موحد. وعلى العكس من ذلك، ولأن الخليط الخشن يتميز بإجمالي مساحة سطحية للركام أقل، فإنه يتطلب كمية أقل من الأسفلت.

تكون العلاقة بين المساحة السطحية للركام ومحتوى الأسفلت الأمثل أكثر وضوحًا عندما يتم تضمين مادة مسحوق الحجر Filler Material (كسور الركام الناعمة جدًا والتي تمر عبر الغربال رقم 200 (0.075 ملم).

الزيادات الصغيرة في كمية Filler Material في أي تدرج يمكن أن تمتص حرفيًا الكثير من مادة ربط الأسفلت، مما يؤدي إلى توفير خليط جاف وغير مستقر. بينما تحمل الإنخفاضات الصغير تأثير معاكس، وينتج عن مسحوق الحجر القليل جدًا خليط غني (رطب) جدًا. وتتسبب الإختلافات في محتوى مسحوق الحجر في إحداث تغيرات في خصائص الخليط، من الخليط الجاف إلى الرطب، كما أن التعديلات العشوائية

لتصحيح الوضع من المرجح أن تُزيد الوضع سوءًا. وبدلًا من ذلك، ينبغي تنفيذ عمليات سحب العينات والاختبار المناسبة لتحديد سبب الاختلافات، وإذا لزم الأمر، لإنشاء تصميم جديد للخليط الوظيفي.

يعتبر إجمالي محتوى الأسفلت هو كمية الأسفلت التي يجب إضافتها إلى الخليط لإنتاج نوعية الخليط المطلوبة. كما أن محتوى الأسفلت الفعال هو حجم الأسفلت الذي لا يمتصه الركام؛ أي كمية الأسفلت التي تشكل بفعالية غشاء الربط على أسطح الركام. ويتم حساب محتوى الأسفلت الفعال عن طريق طرح كمية الأسفلت الممتصة من إجمالي محتوى الأسفلت. ومن الواضح أن امتصاصية الركام تُعد من الاعتبارات الهامة في تحديد محتوى الأسفلت في الخليط. وهي معروفة عمومًا بمصادر الركام المستخدمة ولكنها تتطلب اختبارات دقيقة عندما يتم استخدام مصادر ركام جديدة.

يجب أن يكون الركام في تصميم خليط الأسفلت من الحجارة المسحوقة التي يحتويها الركام:

1- الركام الخشن: الحجارة المسحوقة المحتجزة في الغربال رقم 4 وهذا الركام يوفر الصلابة والمتانة لخليط.
2- الركام الناعم: الحجر المسحوق الذي يمر عبر الغربال رقم 4 والمحتجز في الغربال رقم 200.
3- المسحوق المعدنية: المواد التي تمر عبر الغربال رقم 200

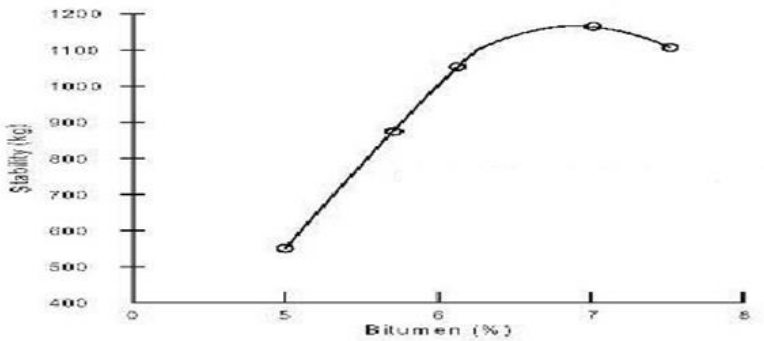
مع انخفاض الفراغات الهوائية في الخليط الأسفلتي الحار، يزداد حد الإجهاد أو عدد مرات تكرار الحمل نتيجة إخفاق هذا الخليط. وقد أظهرت الاختبارات أن تخفيض محتوى الفراغات الهوائية لخليط أسفلت معين من 8٪ إلى 5٪ يُمكن أن يُضاعف حد الإجهاد للرصيف. وبالتالي، لسُمك معين من الخليط الأسفلتي الحار كجزء من هيكل الرصيف، ويمكن زيادة قدرة الخليط على استيعاب الحمل بشكل كبير عندما يتم ضغط هذا الخليط بحيث يضم محتوى فراغ هوائي أقل. وعند تقليل محتوى الفراغ الهوائي في الخليط إلى أقل من 3٪، يمكن أن يؤدي ذلك إلى زيادة في معدل التخدّد في الخليط.

(د-10) اختبار مارشال للثبات:

تم تطوير المفاهيم الأساسية لطريقة تصميم خليط مارشال في الأساس بمعرفة بروس مارشال من إدارة الطرق السريعة في ولاية المسيسيبي حوالي عام 1939 وبعد ذلك تم تنقيحها بمعرفة الجيش الأمريكي. وحاليًا، تُستخدم طريقة مارشال لبعض الطاقات الاستيعابية في 38 ولاية. وتسعى طريقة مارشال إلى تحديد محتوى رابط الأسفلت بالكثافة المطلوبة التي تحقق الحد الأدنى من الثبات ونطاق قيم التدفق.
ويُعرف اختبار مارشال للثبات باعتباره محتوى أسفلتي مثالي يمكن لخليط الأسفلت من خلاله تحمّل الحد الأقصى لدرجة حرارة 60 درجة مئوية.

1- تسخين عينة من الركام المختار بواقع 1200 جرام (وهذه الكمية كافية لإنتاج عينة قدرها 63.5 مم) مع تدرج محدد في الفرن لدرجة الحرارة تتراوح من (175 إلى 190) درجة مئوية بحيث يكون الركام خاليًا من الماء، ويجب أن يتم وزن عينة الركام، وسيتم إضافة البيتومين إلى خليط الركام بكمية معروفة في درجة حرارة تتراوح من (120-140) درجة مئوية،
2- يتم بعد ذلك ملء خليط الأسفلت في قالب محدد (بقُطر 10 سم وارتفاع 7 سم) بحيث يكون مُرتب في قاعدة ضغط.
3- الطرق بعدد 75 طرقة على الجانب العلوي لخليط العينة بمطرقة قياسية (45 سم، 4.86 كجم). ثم يتم عكس العينة وطرق 75 طرقة مرة أخرى. ثم بعد ذلك يتم نقل القالب والاحتفاظ به في درجة حرارة الغرفة لمدة 24 ساعة.
4- إزالة العينة من القالب ومعالجتها في درجة حرارة 60 درجة مئوية لمدة 30 دقيقة وبعد ذلك تُنقل العينة في الماء.
5- يتم تحضير سلسلة من العينات بطريقة مشابهة بكميات مختلفة من محتوى البيتومين، مع زيادة قدرها بنسبة 0.5٪ (5 عينات).
6- يتم بعد ذلك اختبار العينة في اختبار الثبات عن طريق تطبيق الحمل بمعدل ثابت من بواقع 5 مم في دقيقة. حتى يتم إخفاق العينة، ثم تسجيل ثبات مارشال لكل عينة.

منحنى ثبات مارشال



الشكل (17): يوضح محتوى الأسفلت الأمثل بالإعتماد على تجربة مارشال

(د -11) تدفق مارشال:

يوفر اختبار الثبات وتدفق مارشال مقياس للتنبؤ بالأداء لأسلوب تصميم خليط مارشال. ويعمل جزء الثبات في الاختبار على قياس الحمل الأقصى المدعوم بعينة الاختبار عند معدل تحميل يبلغ 50.8 مم في الدقيقة (2 بوصة في الدقيقة). وفي الأساس، تتم زيادة الحمل حتى تصل إلى الحد الأقصى ثم عندما يبدأ الحمل في الانخفاض، يتم إيقاف التحميل، ويتم تسجيل الحد الأقصى للحمل.

وأثناء التحميل، يعمل المقياس الدائري المرفق على قياس تدفق البلاستيك في العينة. ويتم تسجيل قيمة التدفق بزيادات 0.25 مم (0.01 بوصة) ويتم تسجيل الحد الأقصى للحمل في نفس الوقت.

الشكل رقم (18) جهاز تدفق مارشال

يتكون أي خليط بيتومين لخليط الأسفلت عادةً من الركام الخشن و الناعم مع مسحوق الحجر والبيتومين كعامل ربط بينهما. كما أن تصميم خليط رصف الأسفلت، كما هو الحال في تصميم المواد الهندسية الأخرى، يعتبر مسألة إختيار وتناسب المواد المكونة إلى حد كبير للحصول على الخصائص المطلوبة في هيكل الرصف النهائي.

فيما يلي الخصائص المرغوبة لخليط الأسفلت:

1- الثبات، وهو مقاومة التدهور في ظل المرور المتكرر لحمل العجلات، ويجب ألا يتدهور الخليط عند تعرضه لأحمال حركة المرور، وتكون مقاومة التدهور أكثر أهمية في ظل درجات الحرارة المرتفعة.
2- المرونة، يجب أن يكون الخليط مقاومًا للتكسير تحت الأحمال الثقيلة أو مقاومة الإجهاد، ويجب ألا يتكسر الخليط عندما يتعرض لأحمال متكررة على مدار فترة زمنية معينة.
3- مقاومة التكسير في درجات الحرارة المنخفضة، وتعد هذه الخاصية مهمة جدًا في المناطق الباردة.

4- المتانة، يجب أن يتحمل الخليط حركة المرور و الأحمال المتكررة في الظروف المعاكسة القاسية، ويجب أن يحتوي الخليط على محتوى أسفلتي كافٍ لضمان سماكة الغشاء حول جسيمات الركام.
5- مقاومة الانزلاق.
6- قابلية العمل، يجب أن يكون الخليط مُصمم بحيث يتم وضعه وضغطه بجهد معقول.
7- يجب أن يحتوي الخليط على فراغات هوائية كافية لمنع نزف الإسفلت، فإذا كان الخليط يحتوي على فراغات هوائية منخفضة ومحتوى أكبر من مادة الربط البيتومين فهذا سيؤدي إلى النزف.

(د-12) البيتومين

يتكون البيتومين من مادة لزجة أو سائلة أو شبة سائلة سوداء اللون أو داكنة اللون وتتكون بشكل رئيسي من هيدروكربونات ذات وزن جزيئي مرتفع وتأتي من مصافي البترول بعملية معقدة من عملية التقطير، ويمكن إستخدام عملية إستخلاص المذيبات لإنتاج البيتومين ذو الاتساق المختلف وذو الخصائص الأخرى المطلوبة.

واعتمادًا على مصادر وخصائص الزيوت الخام وعلى خصائص البيتومين المطلوبة، يمكن إستخدام أكثر من طريقة معالجة واحدة، ويحتوي البيتومين على خصائص لاصقة وهو قابل للذوبان في ثنائي كبريتيد الكربون.

وإذا تم تخزين البيتومين في موقع العمل فيجب أن يوضع في مكان بحيث تتراوح درجة الحرارة فيه فيما بين (50-60) درجة مئوية، وفي أي حالة استخدام، لا ينبغي تسخين البيتومين بدرجة حرارة 10 درجات أكثر من الحد الأقصى لنقطة الاستخدام المحددة في المواصفات أو 170 درجة مئوية أيهما أقل.

وتعتمد درجات اختراق البيتومين على اختراق إبرة قياسية بوزن 100 جرام بحيث تسقط في عينة سطح البيتومين الموضوعة في علبة من الصلب بأبعاد (50.5 × 30.5 مم) لمدة 5 ثوان عند درجة حرارة 25 درجة مئوية، ويجب إجراء ثلاث محاولات لكل عينة ثم التقاط متوسط الدرجة، ويجب أن تكون هناك مسافة بواقع 10 مم بين المحاولات وذلك وفقًا لمعيار AASHTO الجمعية الأمريكية لموظفي الطرق السريعة والنقل M20. الدرجات (50/40 و 70/60 و 100/80)
تستخدم المواد البيتومينية أو الأسفلتية على نطاق واسع لبناء الطرق بسبب:
1- خصائص الربط الممتازة بين الركام،
2- خصائص مقاومة الماء،
3- تكلفة منخفضة نسبيًا،
يمكن اشتقاق مكونين رئيسيين من البيتومين:

1- البيتومين المخفف Cutback Bitumen:

من الممارسات المعتادة تسخين البيتومين لتقليل اللزوجة. وفي بعض الحالات، من المفضل إستخدام مواد الربط السائلة مثل البيتومين المخفف، وبالنسبة للبيتومين المخفف، يتم إستخدام مذيب مناسب لخفض لزوجة البيتومين. ومن وجهة نظر بيئية، يُفضل أيضًا استخدام البيتومين المخفف. وسيتبخر المذيب الناتج عن المادة البيتومينية وسيقوم البيتومين بربط الركام. ويستخدم البيتومين المخفف في بناء الطرق البيتومينية وصيانتها الواقعة في الأجواء الباردة. ومن بين نواتج التقطير المستخدمة لإعداد البيتومين المخفف النفثا والكيروسين وزيت الديزل وزيت الفرن.

ويستخدم البيتومين المخفف الأسفلتي مذيبات بترولية لحل الأسفلت بهدف تقليل لزوجة البيتومين، ويُطلق على المذيبات المستخدمة نواتج التقطير أو المخففات أو مواد التخفيف.

إذا كان المذيب المستخدم في صناعة الأسفلت المخفف شديد التطاير، فإنه سيتبخر بسرعة من المواد وسيخرج من البيتومين على السطح. وتتبخر المذيبات منخفضة التطاير بشكل أبطأ. وبناءً على سرعة التبخر ينقسم الأسفلت المخفف إلى ثلاثة أنواع: الإنضاج السريع (RC)، والإنضاج المتوسط (MC) والإنضاج البطيئ (SC).

2- مستحلب البيتومينEmulsion Bitumen:

مستحلب البيتومين هو خليط من الماء والبيتومين .لكننا نعرف أن الإسفلت هو منتج نفطي ولا يمكن مزجه بالماء .هذا هو السبب في أننا نضيف مستحلب (عامل نشط سطحيا) بالماء قبل إضافة البيتومين .إضافة المستحلب بالماء يسهل كسر البيتيومين إلى جزيئات دقيقة ويبقيها مشتتة في التعليق.

بناء على شحنة السطح لدينا نوعين من مستحلب البيتومين:

1. مستحلب البيتومين الأيوني
2. مستحلب البيتومين الكاتونية

في حالة مستحلب البيتومين الأيوني ، تكون جزيئات البيتومين مشحونة سلبياً كهربائياً ، بينما بالنسبة للمستحلبات الكاتونية تكون جزيئات البيتومين مشحونة بشحنة إلكترونية موجبة .الآن الأكثر استخداما مستحلب البيتومين الكاتونية.

مستحلب البيتومين عبارة عن منتج سائل يُعلق فيه البيتومين في حالة منقسمة جدًا في وسيط مائي ويتم تثبيته بمواد مناسبة.، ويبلغ محتوى البيتومين في المستحلب حوالي 60٪ والباقي عبارة عن الماء مع عامل مستحلب. وعندما يتم استخدام المستحلب على الطريق فإنه يتحلل مما يؤدي إلى تحرير الماء ويبدأ الخليط بالثبات، ويعتمد وقت الإعداد على درجة البيتومين.

هناك ثلاثة أنواع من مستحلب البيتومين،إعتمادا على وقت الإعداد وهي الإعداد السريع (RS)، والإعداد المتوسط (MS)، والإعداد البطيء (SS). وتعتبر مستحلبات البيتومين مواد ربط مثالية لبناء طرق التلال. وعندما يكون من الصعب تسخين البيتومين أو الركام، تستخدم مستحلبات الإعداد السريع لتكسية السطح، ويفضل استخدام مستحلبات الإعداد المتوسط لأعمال الخليط مسبق الصنع وإصلاحات الترقيع، بينما يفضل مستحلبات الإعداد البطيء في موسم الأمطار.

تتمثل فوائد البيتومين المخفف من المستحلب في النسبة الأعلى المتبقية من من البيتومين، وعادةً ما تكون نسبة البيتيومين 80٪ مقارنة بنسب تتراوح من 40 إلى 65٪ لمستحلب البيتومين؛ والنتيجة وجود المزيد من البيتومين على الطريق بعد الإنضاج وذلك للحصول على نفس حجم مادة الربط المستخدمة.

عملية تصنيف البيتيومين المخفف:

تنقسم عمليات التخفيف إلى ثلاثة تصنيفات، الإنضاج السريع (RC) والإنضاج المتوسط (MC)، والإنضاج البطيء (SS) وذلك اعتمادًا على نوع المذيب المستخدم، ويتم تحديد هذه العمليات بشكل أكبر من خلال رقم يشير إلى الحد الأدنى لدرجة اللزوجة الكينماتية (السيولة) للتخفيف.

إن البيتومين المخفف (الإنضاج المتوسط (MC)) يعني أن المذيب المستخدم يُشكل إنضاج/ معالجة متوسطة، ولن يتبخر بسرعة ولا ببطء. فعلى سبيل المثال، يعتبر البيتومين المخفف MC70 نوعًا واحدًا من البيتومين المذاب، ولإنتاج هذا النوع، يتم استخدام الزيوت المذيبة مثل الكيروسين لتغيير البيتومين إلى بيتومين مذاب أو زفت سائل، بحيث يتبخر زيت المذيب وبقايا البيتومين للحصول على التماسك المطلوب أثناء عملية الاستهلاك.

أنوع البيتيومين المخفف ودرجة حرارة الاستخدام

درجة تخفيف الإنضاج الإنضاج السريع	درجة حرارة الرذاذ 0 درجة مئوية	درجة تخفيف الإنضاج الإنضاج المتوسط	درجة حرارة الرذاذ 0 درجة مئوية	درجة تخفيف الإنضاج الإنضاج البطيء	درجة حرارة الرذاذ 0 درجة مئوية
RC-70	75-40	MC30	63-21	SC70	80-40
RC-250	105-65	MC70	80-45	SC250	110-70
RC-800	115-90	MC250	110-70	SC800	125-95
RC-3000	135-105	MC800	125-95	SC3000	145-110
		MC3000	145-110		

المعلومات مأخوذة من مجلس البناء الوطني مجلد 3 قسم 4

القسم (ه) نظام تصريف الطرق:

يتمثل الغرض الأساسي من نظام تصريف الطرق في إزالة المياه من الطريق ومحيطه ويتكون نظام الصرف على الطريق من جزأين:

- نزح المياه،
- تصريف المياة

نزح المياه: عبارة عن عملية إزالة مياه الأمطار من سطح الطريق أو السماح لسطح الطريق بصرف المياه من خلال وجود منحدرات آمنة وتصميم جيد لأقسام الطرق بحيث تساعد في هذه العملية والتي نطلق عليها إسم جريان المياه وتمر المياه المتدفقة من سطح الرصيف عبر أكتاف الطريق والمنحدرات الداخلية إلى المصارف.

وتتكون عملية نزح المياه من العناصر التالية:

- الإنحدار العرضي،
- أكتاف الطريق،
- مواد سطح الطريق غير النافذة للمياه

تصريف المياه: عبارة عن جميع عناصر البنية التحتية المختلفة للحفاظ على جفاف بنية الطريق وحمايتها من مياه الأمطار مثل (العبارات المائية، والمصارف، والأكتاف، وقناة المياه المفتوحة).

ويتكون نظام الصرف من العناصر التالية:

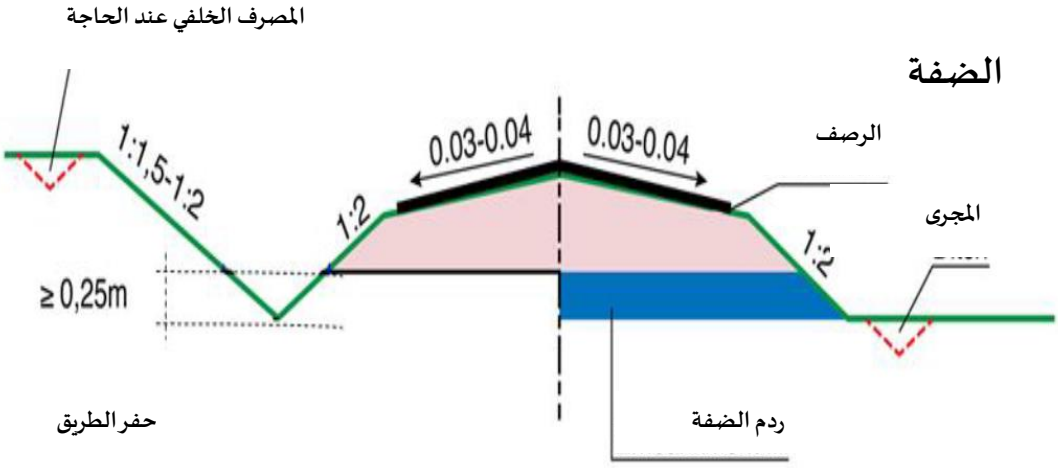
1- المصارف الجانبية،
2- المصارف الخارجية أو القنوات المفتوحة،
3- العبارات المائية (الصندوقية أو الأنبوبية)،
4. المنحدرات الداخلية/الخارجية،
5. هياكل الطرق (المنحدرات الطولية)
6- المصارف التحتية

(ه-1) المصارف الجانبية

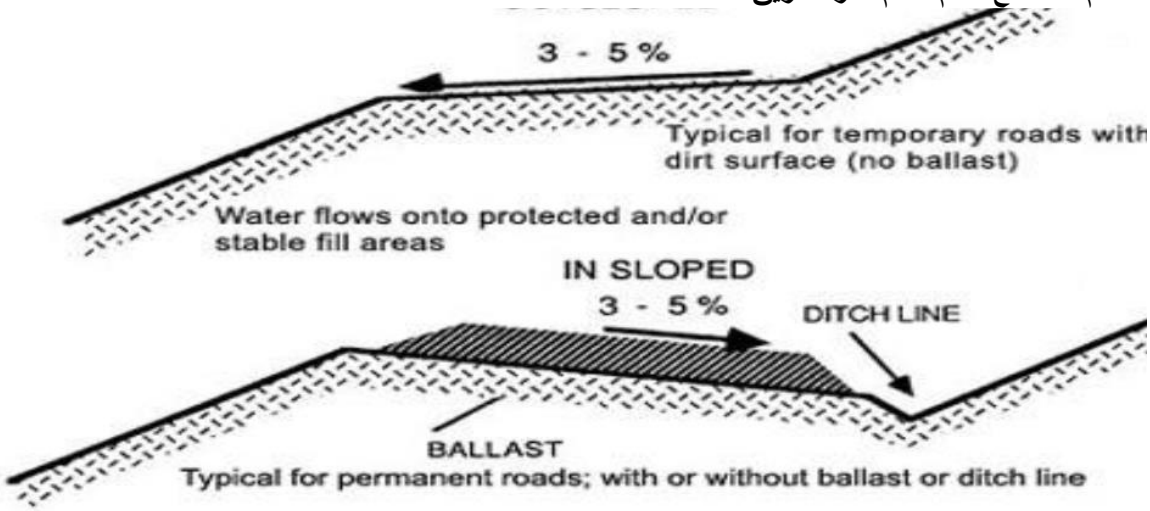
عبارة عن هيكل طريق جانبي أرضي من صنع الإنسان يتم تزويده بعدة منحدرات لتجميع مياه الطرق وتوجيهها إلى المصارف الخارجية، ويلزم إنشائها عندما تكون الطرق مقطوعة أو مصنوعة من مواد بناء كالحصى والأسمنت حسب طبيعة المنطقة وحجم هطول الأمطار في هذه المنطقة. وإذا وقع الطريق على جسر مرتفع، حينها لا تكون المصارف الجانبية ضرورية، ويجب تقييم الحاجة إليها حسب الحالة. يجب أن يصل التدرج الطولي في المصارف الجانبية 4% على الأقل (4 مم/م) للسماح بتدفق الماء بشكل جيد إلى الداخل.

ويتم قياس عمق المصارف الجانبية من أسفل طبقة ما تحت الأساس أو السطح طبقة التأسيس، ويتراوح عمقها من (20-35) سم وبحد أدنى 50 سم من حافة طبقة التكسية إلى أسفل المصارف الجانبية. ويكون للمصارف الجانبية شكلين أساسيين: شكل V وشكل شبه منحرف.

يوضح الشكلان 19 و 20 طبيعة المصارف الجانبية.



الشكل (19) القسم المتقاطع العام لقسم حفر الطريق



يوضح الشكل (20) المصارف الجانبية المستخدمة على المنحنيات، يتم استخدام الإنحدار العرضي على شكل Super Elevation، ويسمى أيضًا " بالإنحدار العرضي أحادي الجانب" ويحتوي على ميل من جانب واحد. ويتم إستخدامه كذلك على الطرق الضيقة عندما لا توجد مساحة متاحة لإقامة المصارف الجانبية وعندما يصعب إنشاء قسم علوي والحفاظ عليه نظرًا للعرض المتوفر. لذلك، يتم تنفيذ الانحدار العرضي الكامل (في طريق المنحدر الداخلي أو الخارجي) بدلًا من القمة. ويجب تحديد الحد الأدنى من متطلبات الإنحدار العرضي على المنحنيات على أساس كل حالة على حدة. وسيعتمد الإنحدار العرضي على سبيل المثال على الحد الأقصى للسرعة و هندسة الطريق (نصف قطر المنحنى). ويعتبر الإنحدار العرضي للمنحنيات مهم أيضًا لديناميات القيادة.

(ه-2) المصارف الخارجية

تُمثل المصارف الخارجية هياكل الصرف المصممة لتوجيه المياه من المصارف الجانبية بعيدًا عن منطقة الطريق. ويتم في الغالب تصريف المياه من المصارف الخارجية إلى أنظمة المجاري المائية الموجودة، كقنوات النهر والبحيرات أو الوديان. وتُعد المصارف الخارجية جزءًا مهمًا من نظام صرف الطرق ولكن غالبًا ما يتم تجاهلها. وإذا كان المخرج مسدود، فقد يؤدي ذلك إلى إفتعال مشكلات كبيرة في الطريق على مدى مساحة كبيرة. وتقع المصارف الخارجية في الغالب خارج منطقة الطريق مما يشير إلى عدم إمتلاك مدير الطريق للأرض التي تمر هذه المصارف خلالها.

لذلك يتم التوصية بأن يصل التدرج الطولي لكل مصرف خارجي 4% على الأقل. وأثناء التنفيذ، قد يُشترط تقليل ذلك التدرج ليناسب مع الظروف المحلية.

يجب حفر المصارف الخارجية بالطريقة التي تساعد على تصريف هذه المصارف الخارجية في مجرى مائي طبيعي بنفس مستوى أسفل القناة الطبيعية. وإذا لم تتوافر أي قناة طبيعية، ينبغي حفر حفرة المصرف الخارجي على مسافة مناسبة للحد من تراكم الطمي أو الطين أو أي مواد ضارة أخرى.

(ه-3) العبارات المائية:

تُعتبر العبارات المائية هيكلًا هيدروليكيًا مهمًا يُستخدَم لنقل الماء عبر عرض الطريق أو في أي مجموعة أماكن أخرى. ويجب تصميم العبارات المائية لنقل هذا التدفق بطريقة مقبولة، مع مراعاة الظروف الهيدروليكية والأداء المطلوب (مستوى وقاية ضد الفيضانات) للطريق. وقد يتطلب الأمر كذلك إدراج أو مراعاة المتطلبات البيئية أو أي متطلبات أخرى، وفقًا للظروف المحددة.

ويكون شكل العبارات المائية في الغالب عبارة عن أنبوب دائري، كما يمكن أن تكون العبارات المائية على شكل قوس أنبوبي أو قوس أو صندوق هيكلي. ويعتمد الشكل على الموقع والمساحة المطلوبة والارتفاع المسموح به لغطاء التربة.

وتعتبر العبارات المائية عبارة عن عنصر هيكلي يُستخدم للسماح لمياه الأمطار المجمعة بالتصريف تحت المقطع العرضي للطرق. وتنقسم المجاري المائية إلى:

أ) العبارات المائية الأنبوبية

تتمثل المزايا الرئيسية للعبارات المائية الأنبوبية فيما يلي:

- يمكن إنشائه بأي قوة مطلوبة عن طريق تصميم الخليط السليم والسماكة والتعزيزات.
- تكون اقتصادية.
- يمكن لهذه الأنابيب منع إجهاد الشد وإجهاد الضغط.
- يسمح بعبور المياه تحت الهيكل.

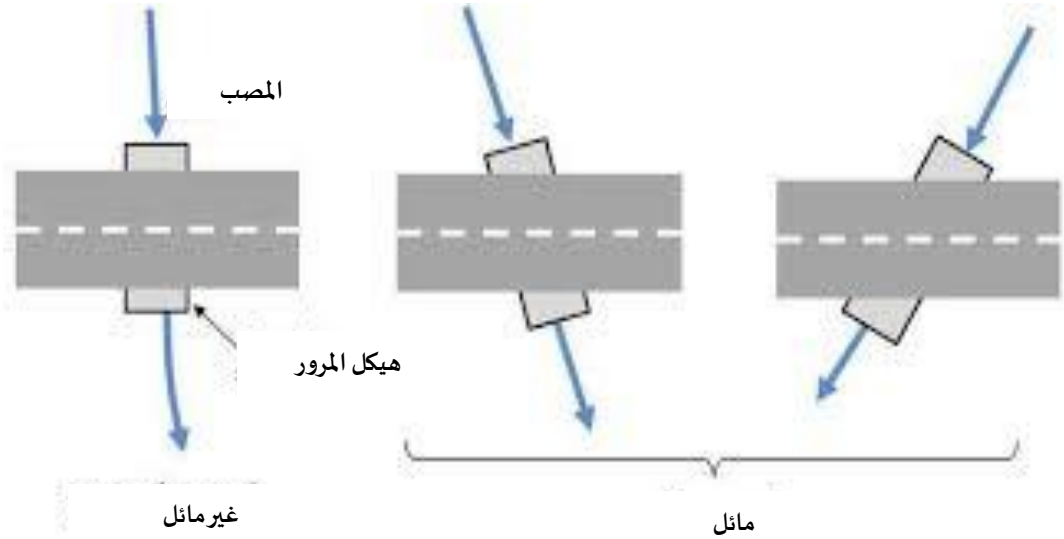
أما العيب الرئيسي للعبارات المائية الأنبوبية فيكمن في سرعة تآكله من القمة بسبب المادة العضوية الناجمة عن البكتيريا وإطلاق الغاز الضار والمعروف بتآكل القمة.

ب) العبارات المائية الصندوقية

تعتبر العبارات الصندوقية إقتصادية للأسباب المذكورة أدناه:

- تكون العبارات المائية عبارة عن هيكل إطاري صُلب وبسيط جدًا من حيث الإنشاء
- مناسب للتدفقات غير الدائمة حيث لا يكون عمق الأرض جوهريًا ولكن تكون التربة ضعيفة.
- تُقلل الطبقة الدة من العبارة المائية الصندوقية من الضغط على التربة.
- تكون المجاري العبارات الصندوقية إقتصادية نظرًا لصلابتها وقوامها التجانس، كما يُشترط توافر الأسس المنفصلة.
- يتم إستخدامه في حالات خاصة في حالات الأساس الضعيف.

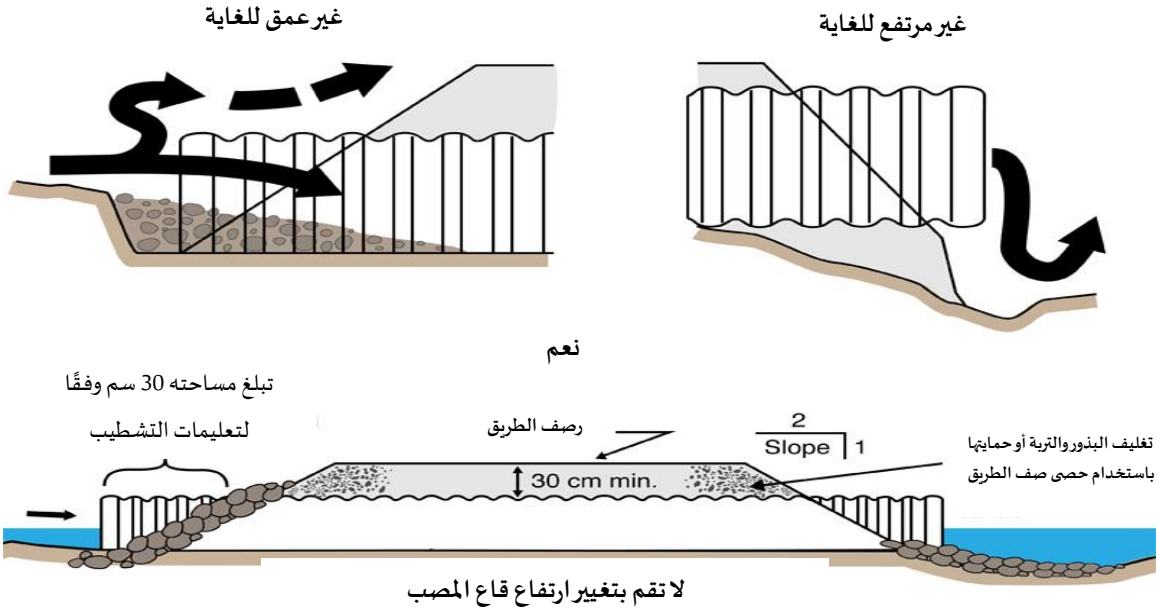
وإذا كانت الفتحة الظاهرة من المجاري المائية أقل من 2 م، فإنه يمثل بذلك عبارة مائية، ولكن إذا كانت الفتحة أكبر من ذلك، نعتبره جسرًا. وإذا كان البناء عبارة عن أنبوب كبير مزود بفتحة واضحة حجمها 2-4 م، حينها يكون المجري المائي عبارة عن جسر أنبوبي.
ويمكن استخدام العبارات المائية الأنبوبية في بعض الأحيان للمصارف المتقاطعة في الطرق المتقاطعة والتي قد تكون عرضة للانسداد وبحاجة للتنظيف. لذلك، يتركز الشيء الأهم، عند التخطيط لتركيب مجرى مائي، في مراعاة أن يكون المجرى المائي بحجم مناسب ويتمتع بحماية فيضان التدفق. وينبغي تركيب المجاري المائية وفقًا لتعليمات الشركة المصنعة ويتم حمايتها بشكل مناسب من التآكل ومعدات التنظيف وصيانة الطرق.
ويمكن تصنيف المجاري المائية بناءً على اتجاه المصب حسبما هو موضح في الشكل أدناه:



يوضح الشكل (21) اتجاه التدفق فيما يتعلق بالخط المركزي للشارع

وتمتلك المجاري المائية ثلاثة عناصر مهمة ألا وهم:

- المدخل
- المخرج
- جسم المجرى المائي



يوضح الشكل (22) أفضل عملية تركيب الأنابيب

ينبغي تركيب العبارات المائية للطريق الرئيسي في أسفل نقطة من الأرض. وتنص القاعدة الأساسية عند تركيب أي مجرى مائي في أنه يجب الحد من تعديلات القنوات الطبيعية وأنه يجب تجنب أي تضييق لعرض تدفق القناة. ويمكن القيام بذلك من خلال الحفاظ على التدرج الطبيعي ومحاذاة القناة من خلال المجرى المائي.

ويجب كذلك تركيب العبارات المائية بشكل متعامد على محاذاة الطريق. ويمكن أيضًا تركيبها بزاوية قائمة على محاذاة الطريق إذا تطلب الأمر ذلك وفقًا للظروف المحلية.

وعند تصميم حجم العبارات المائية، هناك بعض الأمور التي يجب مراعاتها ألا وهي:

- حجم منطقة الصرف أو منطقة تجمع المياه،
- نوع التضاريس المحيطة،
- كثافة هطول الأمطار،
- نوع التربة
- نوع الردم المحيط بالعبارات المائية الأنبوبية،

ويجب أن يقع مخرج العبارة المائية في منطقة مستقرة وغير قابلة للتأكل. تعتبر المناطق الخصبة أو الصخرية من بين الأماكن الجيدة اللازمة لتركيب المجرى المائي. ويمكن أن يتسبب تدفق المياه من العبارة المائية إلى وقوع بعض مشاكل التآكل حيث يتم تصريفه مباشرة إلى تربة قابلة للتأكل. ولا تعتبر حماية القناة أو دكة من الحجارة أو غيرها من الحلول الإنشائية جيدة مثل إختيار الأنبوب ذو الحجم المناسب الذي يتم تركيبه بشكل جيد.

القسم (و) العقود الهندسة للطرق:

تحتاج عملية إعادة إنشاء الطرق وإعادة تأهيلها عدة مراحل للوصول إلى أفضل نتيجة. لذلك سنتناول في هذا القسم، تفاصيل كل الخطوات:

1- التصميم
2- طرح العطاء
3- تنفيذ العقد
4- فترة الصيانة وفترة تحمل المسؤولية عن الأعطال.

(و-1) التصميم

عقود الطرق: هي نوع من العقود التي تحتاج إلى خبير في إعداد التصاميم والمواصفات حيث لكل منطقة خصائصها الخاصة فيما يتعلق بنوع التربة والطلب على الطرق وتصنيفات الطرق (الحضرية أو الريفية أو الزراعية).

ويتعين أن يمر التصميم بعدة مراحل وهي:

1) جمع البيانات
2) نموذج التصميم
3) التصميم الأولى
4) التصميم النهائي
5) إعداد وثائق المناقصة

(و-1-أ) جمع البيانات:

يجب أن يمتلك المصمم أو يكون لديه ما نطلق عليه معلومات الإدخال الأساسية للتصميم:

1- مسح الأراضي: يحتاج الاستشاري إلى إجراء مسح للأراضي الحالية لإظهار:
أ) تضاريس الأرض،
ب) الطرق الموجودة،
ج) التوسع المستقبلي للطرق المختارة،
د) موقع المرافق القائمة (المناهل المائية وحدات الإضاءة الكهربائية محطة الطاقة الكهربائية أو محطة الضخ).
ه) التعديات على الأراضي،
و) الطول المقدر لكل قسم من الطريق،
2- إختبارات التربة: الإختبارات التي أجريت سابقًا أو التي يحتاج الاستشاري إلى إجراءات اختبارات تربة جديدة.

3- الدراسات الهيدروليكية: تجرى في المناطق التي تشهد سقوطًا هائلًا من الأمطار والتي يخشى فيها الاستشاري من حدوث الفيضانات،
4- الأحمال المرورية.
5- نوع الطرق وفقًا للخطة الرئيسية (زراعي أو ريفي أو حضري)

(و-1-ب) نموذج التصميم

يتعين على الاستشاري بعد جمع جميع المعلومات وقبل بذل أي مجهود في التصميم إنشاء نموذج التصميم لعرض ما يلي :

1- مقطع نموذجي للطريق
2- نظام الصرف المراد إستخدامه
3- عرض الطريق
4- مواصفات الطريق
5- طريقة الإنشاء عند الحاجة
6- ميزانية العقد المتوقعة

ويجب عرض جميع هذه البيانات على صاحب العمل للموافقة عليها، وتعتبر هذه الطريقة أحد أكثر الممارسات التجارية الفعالية التي تساعد على خفض التكلفة والوفاء بتوقعات صاحب العمل والحد من الجهود اللازمة للتصميم ووقف التوقف.
وينبغي أن تُحرر الموافقات خطيًا.

(و-1-ج) التصميم الأولي

بعد الموافقة على نموذج التصميم سيتابع الاستشاري في وضع مسودة التصميم للحصول على الموافقة عليها على أن تشمل ما يلي :

1-لوحة قائمة الرسومات
2- مخطط الموقع للطرق الذي يوضح موقع الطريق في المناطق
3- محطات كل طريق، وينبغي أن تكون المحطات من 10-20 م بما يجعل المناظر أكثر دقة.
4- مخططات الإرتفاعات الجانبية التي توضح الارتفاعات المخصصة لكل طريق والتي تمييز بين الطرق القديمة والجديدة.
5- المخططات التي توضح منطقة الحفر والردم لكل محطة على الطرق.
6- أوراق رسومات الحساب لكل منطقة حفر وردم.
7- مخططات التفاصيل التي توضح مقاطع الطريق النموذجي.
8- جدول الكميات المحسوبة لكل طريق.

ويجرى تقديم مسودة التصميم للحصول على الموافقة عليها فضلًا عن تناول جميع التعقيبات، وينبغي إتاحة الوقت الكافي خلال هذه المرحلة للعميل لمرجعة جميع التصاميم. يجب توثيق جميع هذه التعقيبات خطيًا.

(و-1-د) التصميم النهائي

يقوم الاستشاري بإعداد التصميم النهائي بعد تصحيح جميع التعقيبات التي تم تناولها في مرحلة مسودة التصميم تباعًا. ويجب ختم جميع الرسومات بعنوان "معتمدة بغرض الإنشاء".

(و-1-ه) إعداد وثائق المناقصة

يتحمل الاستشاري مسؤولية جميع وثائق العطاء ويقوم بتجهيزها لأغراض طرح العطاء وذلك بعد الإنتهاء من التصميم النهائي والموافقة عليه.

مستندات العطاء للمناقصة:

أ) مستندات المناقصة
ب) المواصفات
ج) المخططات
د) جداول الكميات

ه) طريقة القياس و الكيل
و) تقدير تكلفة العقد لإستخدام صاحب العمل

(و-2) طرح العطاء

تم إعداد طلب عروض الأسعار تحقيقًا لأغراض النشر في الصحف في المجلات. ويتعين علينا أثناء مرحلة طرح العطاء، التأكد من أن تسليم طلب عروض الأسعار إلى مقدمي العطاءات بشكل مناسب في حالة طلب عروض الأسعار عن طريق:

- التسليم باليد: يُشترط على المقاول التوقيع على ورقة تنص على إستلامه لطلب عروض الأسعار بشكل مناسب بجانب وثائق المناقصة.
- عبر البريد: يُشترط على المرسل الإقرار في رسالته الالكترونية بأنه قد قام بتسليم الوثائق (أ، ب، ج) ويُشترط عل المقاول الرد باستلامه لجميع وثائق العطاء.

ما الذي يتوقع العميل رؤيته في طلب عروض الأسعار المقدمة من صاحب العمل؟

1- المواصفات
2- المخططات
3- جدول الكميات
4- طريقة القياس
5- موقع المشروع
6- كفالة دخول المناقصة
7- تاريخ زيارة الموقع (يكون إلزاميًا)
8- آخر تاريخ لطرح الاستفسارات
9- أخر تاريخ لتقديم الردود
10- التاريخ النهائي لاستلام العطاءات (الوقت والتاريخ والموقع وكيفية التقديم)
11- بيانات العقد أو ملحق العطاء حيث يعرض:
أ- الحد الأدنى للدفعات المسموح بها
ب- مدة العقد
ج- فترة الإخطار عن العيوب
د- كفالة حُسن الأداء والتنفيذ
ه- تعويضات التأخير
و- لغة التواصل
ز- الأرباح
ح- ساعات العمل
ط- العملة
ي- الدفعة المقدمة
ك- كفالة الدفعة المقدمة
ل- كفالة الصيانة
م- المبالغ المحتجزة
ن- أي معلومات أخرى يرى العميل ضرورة إطلاع المقاول عليه قبل تقديم عرضه الفني والمالي.

(و-3) تنفيذ العقد

يتعين على صاحب العمل إرسال كتاب الإحالة، بعد إختبار المقاول الفائز، والذي يوضح بموجبه بأن المقاول (x) قد تم إختيار عرضه لتنفيذ المهام، ويجب على صاحب العمل منح المقاول الوقت اللازم:

- لتقديم كفالة حُسن الأداء والتنفيذ
- لدفع جميع الضرائب والرسوم حسب المنصوص عليه بموجب القانون

وإذا لم يمتثل المقاول الذي تم إختياره للنقاط أعلاه، يحق لصاحب العمل تسيل كفالة دخول العطاء ومن ثم ينتقل إلى المقاول الثاني في المقترح، ولا يجوز لصاحب العمل أو المهندس الذي يتعامل مع هذه العملية إعادة جميع كفالات دخول العطاء ما لم يحصل على كفالة حُسن الأداء والتنفيذ من المقاول.

وبعد تقديم كفالة حُسن الأداء والتنفيذ، يتم تسليم الموقع ويوافق الطرفان على تاريخ البدء، وسوف يباشر المقاول بعدها بنود العمل حسب المنصوص عليه في جدول الكميات ووفقًا للجدول الزمني للعمل المقترح والمقدم والذي يتعين تقديمه في غضون 28 يوم بعد تاريخ البدء ويعتمده المهندس.

ويطلب المقاول تسليم الأعمال بعد إنجازه ووفائه بجميع الالتزامات التعاقدية الموكلة له حسب المطلوب منه وبمجرد أن تصبح المنشأة جاهزة لشغلها وتشغيلها.

وأثناء رصف الطريق، يجب أن تكون قد رسمنا فكرة واضحة بشأن ما يمكننا معاينته وما ينبغي القيام به. لذلك، يرد أدناه القائمة المرجعة التي تشمل أهم البنود التي يتعين مراعاتها أثناء التمهيد.

(و-3-أ) قائمة الفحص (قبل وضع الأسفلت)

1- التحكم في المستندات ومواصفات وجدول الكميات وبيانات العقد والتعديلات والأحكام الخاصة ومسؤولية المقاول.
2- التنسيق مع المجتمع والقطاع العام والقطاع الخاص والشركات الخدمية.
3- المراجعة الميدانية والتأكد من جاهزية جميع الأسطح للتعبيد وعدم الحاجة إلى وضع خطة تصحيح.
4- معاينة المعدات: وفي هذه المرحلة يفضل عقد إجتماع مع المقاول لمناقشة جميع المعدات اللازمة.

المعدات المستخدمة:

- المداحل الحيدية المهتزة: وتنتج هذه الألة في ضغط الخليط، ويجب التحقق من فوهة المياه والتحقق من نعومة الاسطوانة والخطاط
- مداحل الكاوشوك: إجبار البيتومين على محاصرة جميع الجسيمات المجمعة وتشكل غلاف عامل الربط لكي يصبح ضغط العجلة متساوي وينبغي التحقق من فوهة المياه.
- الشاحنات: (التفريغ الخلفي وتفريغ الناقل والتفريغ على البطن دون عجلات) تحتاج إلى التأكد من عدم تسرب أي زيت أو مواد بترولية من الشاحنة وتحتاج إلى إخطار المقاول باستبدالها لأنها ستؤثر على خليط الإسفلت، والتحقق من الإنذارات الخلفية للشاحنة. تأكد من تغطية جميع الشاحنات.
- آلة فرد الخليط أو الالتقاط والمعايرة وتسخين اللوحة ونظافة الصفيحة السفلية.
- المكانس الميكانيكية،
- آلة الرش الميكانيكية لمواد الربط، ويتعين عليك التحقق من فتح الفوهة واتجاه الفتحة وتحقق كذلك من ارتفاع فوهة.
- مقاييس درجة الحرارة ومراجعة مواصفات العقد فيما يتعلق بدرجة الحرارة المطلوبة.
- الأدوات اليدوية
- خزان المياه،
- معدات إحتياطية في حالة الفشل،

5- مراقبة حركة المرور
6 - شروط الطقس والتحقق من المواصفات.
7- استخدام لمواد الربط حسب المواصفات

(و-3-ب) قائمة الفحص أثناء وضع الأسفلت

1- إستلام الخليط وتجميع فواتير الشاحنات وتمييز كل شاحنة حسب مكان ووقت التركيب، وتوضح تذاكر الشاحنات الحجم والوقت الذي غادرت خلاله الشاحنة المصنع والتحقق من درجة حرارة الخليط والتأكد من إمتلاك المقاول للشاحنات الكافية للحفاظ على درجة السرعة ذاتها أثناء وضع الأسفلت بدرجة الحرارة نفسها.

2- وضع الأسفلت
3- الضغط: يتعين على المقاول تنفيذ عملية ضغط التصميم الخليط من خلال تقديم المداحل المطلوبة، وينبغي التحكم في سرعة الدحل بما يحول دون تضرر سطح طبقة الزفتة، على أن تكون ضمن حدود سرعة المشي، وينتج الضغط سطح أمس متجانس وموحد.
4- المفاصل العرضية
5- فني مختبرات

القسم (ز) الملاحق

(ز-1) نموذج الكشف الحسي الأسبوعي

الكشف الحسي الأسبوعي		
البلدية:		
المنطقة:		رقم الكشف:
تاريخ الكشف الحسي:		
تم معاينة المواقع التالية:		
تم ملاحظة مايلي خلال المعاينة:		
الجهات صاحبة العلاقة و المسؤولة:		
محرر التقرير		التوقيع
التاريخ		
الوصف الوظيفي		

(ز-2) نموذج بيانات مسح المنطقة،

بيانات مسح المنطقة								
معلومات عامة								
البلدية:								
المنطقة:								
التاريخ:								
الرقم	إسم الشارع	طول الشارع	عرض الشارع	حالة الطريق	وجود أرصفة	نوع الإجراء المطلوب	آخرمرة تم إعادة تأهيلها	الأولوية الفنية
1								
2								
3								
4								
5								
الرقم	نوع العبارات	أماكن العبارات	عدد العبارات	طول العبارة	حالة العبارة الفنية	نوع الإجراء المطلوب	آخر مرة تم إعادة تأهيلها	الأولوية الفنية
1								
2								
3								
4								
5								
تم تحضير التقرير عن طريق:								
التاريخ:								
الوصف الوظيفي:								

أسفل خانة حالة الطرق، املأ الخانة باختيار (جيد أو سيئ)
أسفل خانة نوع الإجراء المطلوب، املأ الخانة باختيار (إعادة تأهيل أو إعادة بناء)
أسفل خانة وجود الأرصفة ، املأ الخانة باختيار (نعم أو لا)
أسفل خانة نوع العبارة، املأ الخانة باختيار (عبارات أنبوبية أو عبارات صندوقية)
أسفل خانة حالة العبارة، املأ الخانة باختيار (آمن أو غير آمن)
أسفل خانة نوع الإجراء المطلوب، املأ الخانة باختيار (توسيع، إعادة تأهيل أو إعادة بناء)

(ز-3) نموذج تحديد الأولويات

نموذج تحديد الأولويات

معلومات عامة						
البلدية:						
المنطقة:						
الرقم	العمل المطلوب	الأهمية المجتمعية	الرؤية الفنية للعمل	السبب الفني للرفض	الكلفة التقديرية للأعمال	الدراسة المالية للعمل المطلوب
المجموع						

تم تحضير عن طريق	
التاريخ	
الوصف الوظيفي	
تمت مراجعة عن طريق	
التاريخ	
الوصف الوظيفي	
تم اعتماد عن طريق	
التاريخ	
الوصف الوظيفي	

أسفل خانة أولوية المجتمع، املأ الخانة باختيار رقم بين (1-5)، ويعتبر رقم 5 هو الأكثر أهمية
أسفل خانة الرؤية الفنية، املأ الخانة باختيار (قابل للتطبيق أو غير قابل للتطبيق)
أسفل خانة سبب الرفض الفني إملأ الخانة بإختيار (اكبر من إمكانات البلدية الفنية أو بحاجة لموارد مالية كبيرة)
أسفل خانة الدراسة المالية للعمل المطلوب ، املأ الخانة باختيار (يتوفر موارد مالية أو لا يتوفر موارد مالية كافية)

(ز-4) خطة العمل السنوي

خطة العمل السنوية

معلومات عامة						
البلدية:						
المنطقة:						
الخطة السنوية لعام:						
آلية تقسيم المشاريع						
العدد	**القرية**	**رقم العطاء**	**نوع العقد**	**وصف العمل**	**زمن مبدئي لإنتهاء الأعمال**	**ميزانية تقديرية لأعمال**
المجموع						0.00

تم تحضير الخطة عن طريق		التوقيع
التاريخ		
الوصف الوظيفي		
تمت مراجعة الخطة عن طريق		التوقيع
التاريخ		
الوصف الوظيفي		
تم اعتماد الخطة عن طريق		التوقيع
التاريخ		
الوصف الوظيفي		

أسفل خانة نوع العقد املأ الخانة باختيار (إعادة بناء الطرق، إعادة تأهيل الطرق، الحدائق، إعادة تأهيل المباني، تشييد المباني، التجميل، الأرصفة والعبارات)

(ز-5) قائمة التحقق من طبقة الأساسية (يلزم ملء هذا النموذج من خلال مهندس موقع البلدية وإرساله إلى مشرفه للحصول على الموافقة)

نموذج تفقد طبقة الأساسية				
إسم المشروع:			المقاول:	
رقم المشروع:			مهندس موقع البلدية:	
التاريخ:			مهندس البلدية الرئيسي:	
البلدية:	المنطقة:		إسم الشارع:	
رقم	العمل المطلوب	لا	نعم	ملاحظات
1	هل قام المقاول بتوريد مواد للموقع ؟			
2	هل تم إرسال عينة من المواد للمختبر ؟			
3	هل الركام المستخدم مطابق للمواصفات ؟			
4	سماكة طبقة الأساس المنفذة ---------- مطابقة لسماكة طبقة الأساس في المواصفات ----------			
5	هل قام المقاول بتقديم مخططات تنفيذية ؟			
6	هل تم الموافقة على المخططات التنفيذية ؟			
7	هل قام المقاول بالدحل ؟			
8	هل قام المقاول برش الماء على المواد قبل الفرد و الدحل ؟			
9	هل تم فحص الدحل ؟			
10	**ملاحظات:**			

تم التحقق من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:	تم الموافقة من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:

(ز-6) قائمة التحقق من طبقة ما تحت الأساس، (يلزم ملء هذا النموذج من خلال مهندس موقع البلدية وإرساله إلى مشرفه للحصول على الموافقة).

نموذج تفقد طبقة ما تحت الطبقة الأساسية				
إسم المشروع:			المقاول:	
رقم المشروع:			مهندس موقع البلدية:	
التاريخ:			مهندس البلدية الرئيسي:	
البلدية:	المنطقة:		إسم الشارع:	
رقم	العمل المطلوب	لا	نعم	ملاحظات
1	هل قام المقاول بتوريد مواد للموقع ؟			
2	هل تم إرسال عينة من المواد للمختبر ؟			
3	هل الركام المستخدم مطابق للمواصفات ؟			
4	سماكة طبقة ما تحت الأساس المنفذة ---------- مطابقة لسماكة طبقة ما تحت الأساس في المواصفات ----------			
5	هل قام المقاول بتقديم مخططات تنفيذية ؟			
6	هل تم الموافقة على المخططات التنفيذية ؟			
7	هل قام المقاول بالدحل ؟			
8	هل قام المقاول برش الماء على المواد قبل الفرد و الدحل ؟			
9	هل تم فحص الدحل ؟			
10	**ملاحظات:**			
تم التحقق من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:			تم الموافقة من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:	

(ز-7) قائمة التحقق من الأسفلت، (يلزم ملء هذا النموذج من قبل مهندس موقع البلدية وإرساله إلى مشرفه للحصول على الموافقة)

نموذج تفقد الأسفلت				
إسم المشروع:			المقاول:	
رقم المشروع:			مهندس موقع البلدية:	
التاريخ:			مهندس البلدية الرئيسي:	
البلدية:	المنطقة:		إسم الشارع:	
رقم	العمل المطلوب	لا	نعم	ملاحظات
1	هل قدم المقاول الخلطة التصميمية للموافقة ؟			
2	هل تم إرسال عينة من الأسفلت للمختبر؟			
3	هل المواد كانت حسب المواصفات ؟			
4	هل تم إجراء الفحوصات أثناء عملية رش الطبقة الرابطة ؟			
5	سماكة طبقة الأسفلت المنفذ ---------- مقارنة بسماكة الأسفلت حسب المواصفات ----------			
6	هل قدم المقاول المخططات التنفيذية للموافقة ؟			
7	هل تم الموافقة على المخططات التنفيذية ؟			
8	هل قام المقاول بالدحل حسب المواصفات ؟			
9	هل تم عمل فحص للدحل ؟			
10	**ملاحظات:**			
تم التحقق من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:		تم الموافقة من خلال الإسم: التاريخ: التوقيع:		

(ز-8) نموذج أمر التغيير، يلزم ملء هذا النموذج من جانب مهندس موقع البلدية عندما يتقدم المشروع بنسبة 50٪ أو 85٪، وفي التقرير الحالي يشرح مهندس الموقع للإدارة ما هي التغييرات وسببها ويوضح مبررات هذا التغيير للحصول على الموافقة عليها.

طلب الموافقة على الأمر التغييري-الصفحة الأولى

إسم المشروع	رقم العطاء	رقم الأمر التغييري	تاريخ اليوم
تاريخ بدء العمل حسب العقد	تاريخ إنتهاء العمل حسب العقد	تاريخ إنتهاء العقد الحالي	تمديد الوقت
البلدية		المنطقة	نوع العقد
قيمة العقد عند الإحالة	التغييرات لغاية تارخة	قيمة العقد الحالي	التغيير المطلوب

وصف التغييرات المطلوبة و سبب التغيرات

قيمة العقد عند الإحالة		-	
التغييرات لغاية تاريخة		-	

قيمة العقد مع التغييرات		-	
قيمة التغيرات المطلوبة		-	

قيمة العقد الجديدية		-	
نسبة التغيرات من قيمة العقد			
تمديد الوقت			بالأيام
تاريخ الإنتهاء الجديد			
مقدم من قبل	الإسم	التوقيع	التاريخ
المقاول			
موافق علية من قبل	الإسم	التوقيع	التاريخ
مهندس البلدية			
مصادق علية من قبل	الإسم	التوقيع	التاريخ
رئيس البلدية			

نموذج الأمر التغييري الصفحة الثانية

إسم المشروع	
رقم العطاء	
البلدية	
المقاول	
التاريخ	
تارخ بدء العمل حسب العقد	
تاريخ إنتهاء العمل حسب العقد	

رقم البند	وصف العمل حسب جدول الكميات	أصل العطاء				الأمر التغييري				القيمة النهائية
						الزيادة		النقصان		
		وحدة القياس	السعر الإفرادي	الكمية	المجموع	الكمية	المجموع	الكمية	المجموع	
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										
	المجموع									

تم التدقيق من قبل القسم المالي:

الإسم:

التاريخ:

التوقيع:

تم الموافقة على الكميات من قبل المقاول:

الإسم:

التاريخ:

التوقيع:

تم تقديمة من قبل مهندس البلدية:

الإسم:

التاريخ:

التوقيع: