مراحل إنشاء الطريق (Highway Construction Stages)

الأعمال الترابية (Earthworks)

أولا: إخلاء الموقع:

إن أول عملية في إنشاء الطريق هي تنظيف الموقع وإعداده لفرش طبقات التبليط. وتختلف تكاليف الإعداد باختلاف الأعمال المطلوبة فإن اقتصرت على إزالة الحشائش والأشجار حسبت الكلفة ضمن فقرة الحفر وإن تطلب العمل مجهودا أكبر من ذلك يتم إدراج كلفة إخلاء الموقع ضمن فقرة مستقلة.

أولا-1 الإخلاء في المناطق الريفية:

يشمل الإخلاء في المناطق الريفية إزالة الأشجار وجذورها والتخلص من الأنقاض الموجودة في الموقع ويتم ذلك عن طريق إزالة النباتات من مواد الردم الموجودة في المنطقة منعا لتحللها مع الزمن مسببة ترك فراغات وحدوث هبوط في التربة فيما بعد.

أولا-2 الإخلاء في المناطق الحضرية:

تختلف عملية الإخلاء في المناطق الحضرية اختلافا جوهريا عنها في المناطق الريفية، حيث يجب أن تحدد المناطق الآهلة بالسكان أو بالأنشطة المختلفة إذا ما تعذر إزالتها في عملية الاخلاء وتحدد المنشآت البديلة التي تعطى لهم، حيث يجب إزالة المباني وغيرها من العقبات المماثلة ويجب إعادة إنشاء أو نقل الخدمات السطحية مثل أسلاك الهاتف وخطوط نقل الطاقة الكهربائية التي تحاذي أو تقطع الطريق بما يضمن عدم إعاقتها لعملية الإنشاء.

مما تقدم يمكن القول بأن عملية إخلاء الموقع في المناطق الحضرية أصعب منها في المناطق الريفية بسبب وجود شبكات المياه والمجاري الصحية وخطوط نقل الطاقة الكهربائية وكيبلات الهاتف وغيرها من الخدمات المدفونة تحت سطح التربة.

ثانيا: عملية القشط:

يتم إزالة التربة السطحية التي تحوي المخلفات والتربة غير المناسبة للموقع بالكامل حتى الوصول إلى التربة المناسبة بواسطة القاشطة وسمك هذه الطبقة لا يقل عن 15 سم..

ثالثا: عمليات التسوية:

ثالثا-1 الحفر:

وهي عملية تفكيك التربة أو الصخور ونقلها من مكانها الأصلي في موقع الحفر (للوصول إلى المناسيب المطلوبة في المخططات حيث يتم اختبار صلاحية التربة كطبقة تأسيس subgrade وفي حالة صلاحيتها تترك حتى تبدأ أعمال تجهيز هذه الطبقة أما إذا كانت غير صالحة فيتم تحسينها أو استبدالها بتربة موردة أو مستعارة (borrow soil) إلى الأماكن المطلوب ردمها (إذا كانت التربة مناسبة للدفن) أو إلى الأماكن المخصصة للتخلص من التربة الزائدة (waste soil). ويتم اختيار معدات الحفر حسب نوع التربة والمسافة المراد نقلها.

تقسم المواد عادة إلى مواد صخرية ومواد صخرية مفككة ومواد عادية ويقصد بالمواد العادية أي نوع آخر من التربة غير التربة الصخرية. أما المواد الصخرية المفككة فيقصد بها الصخور المتآكلة نتيجة عوامل التعرية أو بعض المؤثرات العضوية أو تكون خليطا من التربة والصخور.

ثالثا-1-1 نقل ناتج الحفر:

عادة ما يكون من الضروري نقل المواد التي يتم حفرها لمسافة أكبر من مسافة النقل المجانية وتسمى هذه العلمية بنقل ناتج الحفر ويتم حساب التكاليف لناتج الحفر على أساس دينار/(م3*محطة) وهي تمثل حجم من ناتج حفر قدره م^3 يتم نقلها مسافة محطة واحدة طولها 100 متر. المسافة غير المجانية التي ينقل خلالها ناتج الحفر سواء لاستخدامه بعمليات الردم أو للتخلص منه يزيد عن مسافة النقل المجانية فإذا افترضنا أن مسافة النقل المجانية المنصوص عليها في عقد المقاولة هي 500 متر مثلا فعليه يحسب النقل لأي مسافة أقل من ذلك ضمن تكاليف الحفر، وإذا كانت مسافة النقل هي 800 متر مثلا، فيتم حساب كلفة نقل التراب لمسافة 300 متر فقط.

ثالثا-2 أعمال دفن المناسيب المنخفضة للطرق:

ثالثا-2-1 المواد الصالحة للدفن: وتشمل جميع أنواع الترب القابلة للحدل بموجب المواصفات لتكوّن إملاءات ثابتة وتحقق ميول جانبية كما هو مطلوب في مخططات التنفيذ الخاصة بالمشروع.

ثالثا-2-2 المواد غير الصالحة للدفن:

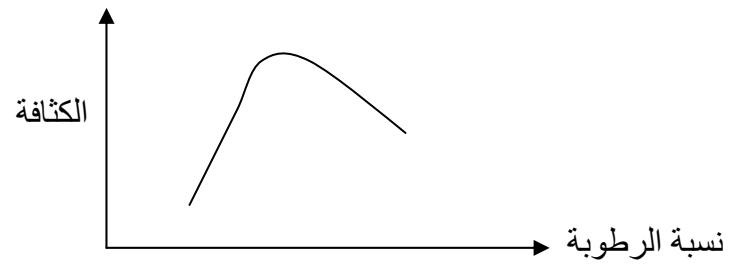
أ) تربة الأهوار والمستنقعات والتربة الحاوية على أكثر من 12% من المواد العضوية وزناً.
ب) الأغصان والجذور وجميع المواد النباتية القابلة للتحلل.
ت) المواد سريعة الاشتعال.
ث) الأنسجة النباتية المتفحمة والأخشاب.
ج) التربة الملحية أو الجبسية الحاوية على أكثر من 10% وزنا من الأملاح القابلة للذوبان.
ح) التربة الطينية التي يتجاوز فيها حد السيولة 70% أو/ و مؤشر اللدونة 45%.

ثالثا-3: مراحل أو أعمال الدفن:

1- يتم أخذ عينات من التربة الحالية والتربة التي ستستخدم في الدفن ويتم عمل اختبار (بروكتر المعدل، والذي سيتم توضيحه لاحقاً) لإيجاد أقصى كثافة جافة (maximum dry density) ونسبة الرطوبة المثلى (optimum water content) حسب ما مبين في المخطط أدناه.

2- حدل أو رص التربة:

تستخدم الحادلات أو وسائل الحدل لرص التربة وزيادة كثافتها عن طريق طرد الهواء من الفراغات وإعادة ترتيب أو ضغط حبيبات التربة حيث يزداد سطح التلامس بينها وبين بعضها البعض ويعمل الماء على تسهيل انزلاق الحبيبات على بعضها مادامت نسبة الرطوبة في التربة أقل من نسبة الرطوبة القصوى كما مبين في الشكل أدناه:



من الجدير بالذكر أن طرد الهواء من التربة المسامية يكون أسهل من باقي أنواع الترب التي تتطلب جهدا كبيرا ولذلك يفضل حدل التربة الطينية على طبقات حتى تسهل عملية طرد الهواء من الفراغات.

يتم إجراء اختبارات التحقق من نسب الحدل المطلوبة موقعيا باستخدام تجربة المخروط الرملي (sand cone).

أنواع الحادلات التي تستخدم لحدل التربة:

1- حادلات أضلاف الغنم (Sheep's foot rollers): وهي عبارة عن اسطوانات معدنية مجوفة مثبت عليها الحوافر ويمكن زيادة الضغط على التربة بملئ الاسطوانة بالماء أو بالرمل أو أي سائل ثقيل وتتم عملية الحدل بأن تخترق الأضلاف التربة وباستمرار مرور الحادلة فوق التربة يتم تقوية هذه الطبقة إلى الدرجة التي لا تكاد الأضلاف تخترق التربة المحدولة. يستخدم هذا النوع من الحادلات لحدل الترب الطينية والتربة المكونة من الرمل والطين ويتراوح وزنها بين 6000-10000 رطل بعرض 8 قدم للوحدات الخفيفة و 75000 رطل بعرض 15 قدم للحادلات العملاقة.

2- الحادلات ذات الإطارات المطاطية (Pneumatic-tired rollers): ويتكون هذا النوع من إطارات مطاطية مركبة على جزء مفصلي يسمح بتوزيع الحمل بالتساوي على الإطارات ويمكن التحكم بوزن الحادلة بملئ جسم الحادلة بالماء أو الرمل الرطب وكذلك يمكن التحكم بضغط الهواء داخل الإطارات لزيادة الضغط على التربة ويتم الحدل بهذا النوع من الحادلات على أساس رص حبيبات التربة مع بعضها البعض ولذلك فهي غالبا ما تكون مؤثرة إذا ما استخدمت مع التربة الرملية المفككة. هذا ويكون عادة وزن هذا النوع من الحادلات ثمانية أطنان أو أكثر وبسبب الأحمال العالية لهذه الحادلة بالإضافة إلى ضغط الإطارات العالي فإن لهذا النوع من الحادلات القدرة على حدل كل أنواع الترب ولأعماق كبيرة.

3- الحادلات ذات العجلات الصلبة الملساء (Smooth-wheel rollers): تتكون هذه الحادلات من عجلتين أو ثلاث من الحديد الصلب الأملس ويستخدم هذا النوع عندما يكون لدينا تربة حبيبية مثل التربة الرملية والتربة المكونة من الحصى والتربة الحاوية على حجر مكسر. تستخدم هذه الحادلة لإعطاء سطح أملس بعد استخدام الحادلات المسننة (أضلاف الغنم).

4- معدات الحدل الاهتزازية (Vibrating rollers): قامت بعض الشركات بتطوير الحادلات ذات الإطارات المطاطية أو ذات العجلات الملساء الصلبة بتزويدها بأجهزة من شأنها إحداث حركة اهتزازية في العجلات أو بتزويدها ببعض المعدات الهزازة وقد تكون هذه المعدات مستقلة بقوتها الدافعة أو مركبة كجزء مساعد على الحادلات. لقد أظهرت هذه الأنواع من الحادلات تأثيرا كبيرا في حدل الأحجار ورص طبقات التربة الرملية أو طبقات التربة الحاوية أو المكونة من الحصى ولم تعط نتائج مرضية عند استخدامها مع التربة الطينية.

المعلومات الهندسية الواجب توفرها لمعرفة صلاحية الأرض الطبيعية من عدم صلاحيتها لفرش طبقات التبليط:

1- منسوب المياه الجوفية (water table).
2- نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio C.B.R.): حددت المواصفات العامة للطرق والجسور الحد الأدنى لنسبة تحمل كاليفورنيا للترب الصالحة لفرش طبقات التبليط عليها بـ (4%) عند نسبة حدل لا تقل عن (95%) من الكثافة المختبرية العظمى أما إذا لم تكن تربة الموقع كذلك فيجب اتباع الخطوات التالية:

أ) معالجة وتثبيت التربة بالسمنت وذلك بخلط التربة بالسمنت مع إضافة القليل من الماء وذلك لترطيب التربة.

ب) التخلص من التربة الموجودة وجلب تربة من موقع آخر تكون مواصفاتها مطابقة للمواصفات القياسية.

ج) التثبيت بالحصى الكبير (الجلمود) (ويسمى الحصى بالجلمود عندما يزيد قطر الحصى عن 20 سم):

إذا كان سمك الطبقة غير المطابقة للمواصفات كبير فإن عملية إزالة التربة واستبدالها بأخرى تكون مكلفة لذلك يتم الحفر لمناسيب قليلة ويتم إضافة الجلمود مع الحدل حتى الوصول إلى المناسيب المقررة في المخططات بواسطة تربة مطابقة للمواصفات يتم حدلها على شكل طبقات.

ملاحظات عامة حول عملية الحدل:

1- لا يتم حدل مواد التعلية الترابية (embankment) إلاّ عندما تكون نسبة الرطوبة ضمن الحدود المقررة.
2- يجب أن لا تقل نسبة الحدل لكل طبقة من طبقات التربة للإملائيات الترابية للحفريات الإنشائية عن 95% من الكثافة المختبرية العظمى حيث يتم إجراء فحص التحقق من نسبة الحدل المطلوبة موقعيا باستخدام تجربة المخروط الرملي (sand cone) والتي ستوضح لاحقا.
3- يجب أن لا تقل نسبة الحدل للطبقة الترابية الأخيرة والأكتاف التي بعمق 30سم عن السطح النهائي عن 95% من الكثافة المختبرية العظمى، وتعتبر التربة التي تكون كثافتها القصوى الجافة أقل من 1.7 غم/سم^3 غير مقبولة إلى سمك 30 سم من سطح الطبقة النهائية العليا ويجب استبدالها بتربة مطابقة للمواصفات.
4- تحدل التعلية الترابية الخاصة بالميول والأكتاف ذات المنسوب دون 3 متر من سطح التعلية إلى نسبة حدل لا تقل عن 93% من الكثافة المختبرية العظمى.
5- تحدل التعلية الترابية الخاصة بالميول والأكتاف ذات المنسوب 3 متر عن السطح إلى نسبة حدل لا تقل عن 94% من الكثافة المختبرية العظمى.
6- يجب أن تتم عملية الحدل على شكل طبقات لا يتجاوز سمك الطبقة الواحدة 15-20 سم.
7- يتم أخذ عينات من التربة المحدولة لفحص درجة الحدل على الأقل نموذجين لكل 2000 متر مربع أو حسب توجيهات المهندس المشرف.
8- يجب أن لا يتم فرش طبقة أخرى قبل التأكد من أن الطبقة التي قبلها قد حصلت على نسبة الحدل المطلوبة وللحصول على نسبة الحدل المطلوبة يجب مراعاة التالي:
   - ضمان توزيع نسبة الرطوبة على أجزاء الطريق بالكامل.
   - يتم الحدل باستخدام نسبة الرطوبة المثلى مع سماح بنسبة (+12% إلى -4%).
   - يتم رفع الأحجار الكبيرة نسبيا وذلك أثناء تقليب التربة.

إيجاد أقصى كثافة جافة للتربة باستخدام جهاز بروكتور المعدل (Modified Proctor)

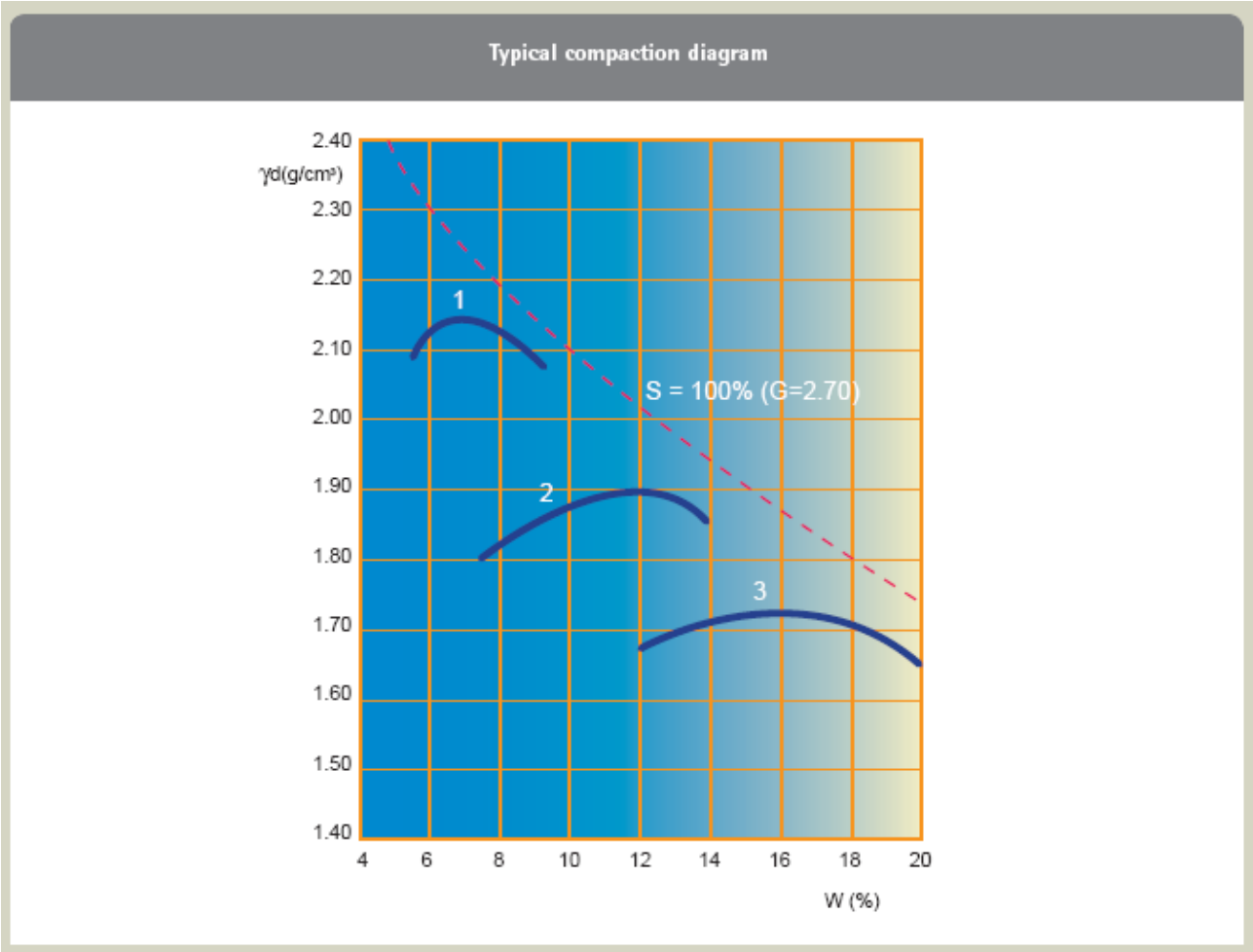
يمكن إيجاد العلاقة بين محتوى الرطوبة ووزن وحدة الحجوم للتربة المحدولة (المكبوسة) في قالب ذي أبعاد ثابتة ومعلومة باستخدام مطرقة زنة 4.5 كيلوغرام تسقط بتأثير وزنها من ارتفاع (457 ملم) (18إنج) على التربة وذلك لتحديد نسبة الرطوبة المثلى (Optimum Water Content) للتربة وأقصى كثافة جافة (Maximum Dry Density) عندها.

ومراحل إجراء هذه التجربة كالآتي:

1- يتم أخذ عينة من التربة المراد إيجاد أقصى كثافة جافة لها عند نسبة الرطوبة المثلى وتجفف إما في الهواء أو بجهاز تجفيف على أن لا تزيد درجة حرارة التجفيف عن 60 درجة مئوية إلى أن تصبح التربة قابلة للتفتت حيث يتم تفتيتها بواسطة مطرقة مطاطية.
2- يتم غربلة التربة المفتتة بواسطة منخل رقم 4 وتستبعد كل المواد المحجوزة عليه.
3- يتم أخذ خمس عينات من التربة المغربلة كل عينة تزن 2.5 كيلوغرام.
4- يتم إضافة نسبة معينة من الماء إلى العينة الأولى المأخوذة من التربة.
5- يتم تقليب الرطوبة مع تربة هذه العينة بشكل جيد إلى أن تظهر التربة متجانسة من ناحية محتوى الرطوبة فيها.
6- يتم حدل أو كبس هذه العينة في قالب معدني إسطواني بقطر داخلي يبلغ 101.6 ملم وارتفاع 116.4 ملم وسعة 944 سم^3 ويحتوي على وصلة معدنية اسطوانية تثبت فوق القالب(كما موضح في الصورة أدناه) على خمس طبقات وزن كل طبقة 0.5 كيلوغرام بواسطة المطرقة التي تسقط بشكل حر بتأثير وزنها من إرتفاع (457ملم) أو (18 إنج) عن القالب وبواقع 25 ضربة لكل طبقة موزعة بالتساوي على كل أجزاء الطبقة الواحدة مع الأخذ بنظر الاعتبار تثبيت القالب على قاعدة مستوية أثناء عملية الطرق.
7- بعد الانتهاء من الحدل تفك الوصلة وتستبعد ثم تسوى التربة المحدولة بعناية مع الحافة العليا للقالب باستخدام مسطرة حديدية.
8- يتم وزن القالب وبه التربة، ويتم استخراج العينة من القالب وتؤخذ شريحة عمودية مارة بمركزها وتؤخذ عينة من الشريحة لا يقل وزنها عن 100 غرام وتوزن بسرعة ثم تجفف في الفرن وذلك لتحديد الرطوبة.

9- يتم تكرار الخطوات أعلاه على العينات الأربع الباقية مع زيادة نسبة الماء المضافة للتربة في كل مرة.

10- يتم حساب ورسم النتائج كالآتي:
- وزن القالب وهو فارغ = 3095 غرام (معروف).
- وزن العينة فقط = وزن القالب مع التربة – 3095.
- حجم القالب من الداخل = 944 سم^3 (معروف).
- الكثافة الرطبة = (وزن العينة فقط / 944) غم/سم^3.
- الكثافة الجافة = {الكثافة الرطبة /(نسبة الرطوبة%+100) } * 100.

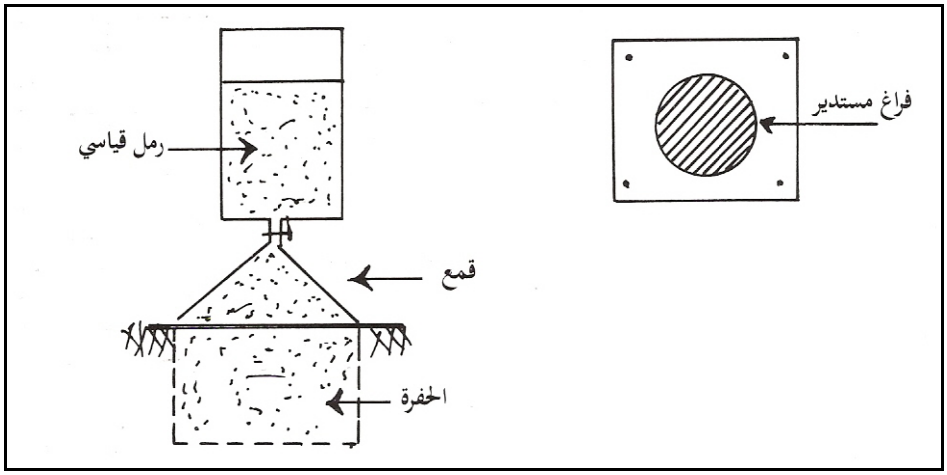


التحقق من نسبة حدل التربة موقعياً باستخدام جهاز المخروط الرملي (Sand Cone)

المقصود من هذا الفحص هو تعيين كثافة التربة بعد حدلها في طريق أو جسر أو تعلية ترابية ومقارنته بالكثافة المختبرية الجافة العظمى التي تم حسابها مختبريا في ظروف مثالية لنفس التربة باستخدام جهاز بروكتور المعدل.

وطريقة إجراء الفحص هي:

1- يتم تحديد المكان المراد إجراء فحص نسبة الحدل فيه (كما مبين في الصورة أدناه) حيث يتم تثبيت القاعدة المعدنية بشكل جيد من الأركان الأربعة لها بالبراغي ثم يتم استخراج التربة من داخل الدائرة التي شكلتها القاعدة المعدنية إلى عمق 10-15 سم.
2- يتم بعد ذلك وزن هذه التربة وتحدد نسبة رطوبتها بواسطة التجفيف بالفرن كما تم توضيحه سابقا.
3- يتم وزن جهاز المخروط الرملي الحاوي على رمل قياسي معروف الكثافة.
4- يتم وضع رأس المخروط عند فوهة الحفرة فوق القاعدة المعدنية كما موضح بالرسم.
5- يتم فتح الصمام الخاص بالجهاز كي ينزل الرمل القياسي إلى الحفرة إلى أن تمتلئ الحفرة بالرمل وكذلك القمع وعندئذ يتوقف نزول الرمل من الجهاز.



6- يتم قفل صمام الجهاز برفق ويتم تحديد وحساب الآتي:
(أ) وزن الرمل الذي يملأ القمع (معروف مسبقا ويتم ذلك بالمختبر).
(ب) كثافة الرمل القياسي (معروفة مسبقا ويتم ذلك بالمختبر).
(ج) أقصى كثافة جافة للتربة (معروفة مسبقا من خلال اختبار بروكتور المعدل كما تم شرحه سابقا).
الحسابات:
(1) وزن الجهاز + الرمل قبل الفحص = ... كيلوغرام.
(2) وزن الجهاز + الرمل بعد الفحص = ... كيلوغرام.
(3) وزن الرمل الذي ملأ القمع + وزن الرمل الذي ملأ الحفرة = (1) – (2) كيلوغرام.
(4) وزن الرمل الذي ملأ الحفرة فقط = (3) – (أ) كيلوغرام.
(5) حجم الحفرة = (4) / (ب).
(6) وزن التربة الرطبة التي خرجت من الحفرة = ... كيلوغرام.
(7) الكثافة الرطبة للتربة = (6) / (5).
(8) الكثافة الجافة = {(7) /(نسبة الرطوبة%+100) } * 100.
(9) نسبة الحدل (%) = { (8) / (ج) } * 100.

أعمال تنفيذ طبقة ما تحت الأساس (Sub-base)

1- اختيار نوعية وتدرج مواد الطبقة

تتكون هذه الطبقة من خليط الرمل (الركام الناعم) والحصى (الركام الخشن).

بالنسبة للركام الخشن هو الركام المتبقي على المنخل ذي المقاس (2 ملم) (منخل رقم 10). ومن موصفاته يجب أن يكون هذا الركام عبارة عن حبيبات صلبة وذات ديمومة عالية وخالية من الشوائب ولا تزيد نسبة الركام الفاشل في فحص مقاومة التآكل (Wearing test) عن 45%.

أما بالنسبة للركام الناعم (الرمل) فهو المار من منخل (2ملم) (منخل رقم 10) ويجب أن يكون ذا حبيبات حادة الحافات أو خليط متدرج من الرمل والغرين والطين وغبار الحجر (أو أي مادة رابطة). ويجب أن يكون هذا الركام خاليا من الشوائب أو المواد العضوية ولا تزيد نسبة الأملاح القابلة للذوبان في الماء في تركيبه عن 10%. أما بالنسبة لحبيبات الركام الناعم العابر من منخل (0.425ملم) (منخل رقم 40) فيجب أن يحقق المواصفات الآتية كي يتم قبوله ضمن الركام الناعم:

- حد السيولة (liquid limit) لا يتجاوز 25%.
- مؤشر اللدونة (plasticity index) لا يتجاوز 6%.

يشير الجدول في أدناه إلى التدرجات المقبولة لطبقة ما تحت الأساس لأربعة أنواع من التدرجات (D,C,B,A) حيث يمكن استعمال النوع D في تثبيت الأكتاف أو في أماكن استبدال تربة غير مرغوب بها.

Selected Granular Material-Grade Requirements

Sieve Size		Percent Passing by Weight			
mm	Alternative	Type A	Type B	Type C	Type D
75.00	3 in.	100	-	-	-
50.00	2 in.	95-100	100	-	-
25.00	1 in.	-	75-95	100	100
9.50	3/8 in.	30-65	40-75	50-85	60-100
4.75	No.4	25-55	30-60	35-65	50-85
2.36	No.8	16-42	21-47	26-52	42-72
0.30	No.50	7-18	14-28	14-28	23-42
0.075	No.200	2-8	5-15	5-15	5-20

تذكر المواصفات العامة للطرق والجسور بأنه يجب أن لا يخرج تدرج مواد الطبقة من الحد الأدنى لمقاس معين من المناخل يتبعه خروج عن الحد الأعلى لمقاس منخل مجاور له أو بالعكس حيث سيعد ذلك خروج عن حدود التدرج وتعد مواد طبقة ما تحت الأساس في هذه الحالة غير مقبولة ويجب أن يصحح تدرجها.

كما تذكر تلك المواصفات بأن نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) يجب أن لا يقل عن 45% بالنسبة للصنف A وعن 35% بالنسبة للصنف B وعن 30% بالنسبة للصنف C وعن 20% بالنسبة للصنف D عند نسبة حدل لا تقل عن 95% من الكثافة المختبرية العظمى.

2- محددات الطقس:

يفضل أن لا يتم إنشاء طبقة ما تحت الأساس عندما تقل درجة حرارة الجو عن 3 درجة مئوية وإن أي جزء من أجزاء هذه الطبقة لا ينفذ حسب المواصفات بسبب درجات الحرارة الواطئة (الانجمادية) يجب أن يقشط ويعاد إنشاؤه حسب المواصفات المطلوبة بدون إضافة أي كلفة للمقاول.

3- المرحلة التي تسبق بداية إنشاء طبقة ما تحت الأساس:

قبل بداية تنفيذ طبقة ما تحت الأساس يجب أن تكون طبقة التأسيس (Subgrade) نظيفة وخالية من المواد الغريبة والأطيان ومحدولة بشكل جيد وسطحها مستو كما هو مطلوب في التصاميم. وإن أي جزء من طبقة التأسيس (Subgrade) غير محدول بشكل جيد يجب أن يزال وينفذ من جديد حسب المواصفات، وأي جزء يكون منسوب سطحه النهائي مختلفا عما هو مطلوب في المخططات يجب أن يصحح وفقا لما مطلوب.

4- فرش طبقة ما تحت الأساس (Subbase Course):

عندما يزيد السمك الكلي لطبقة ما تحت الأساس عن 20سم يجب أن يتم إنشاؤها على طبقتين أو أكثر ذات سمك متساوٍ اعتمادا على آليات الحدل المتوفرة في الموقع.

5- ترطيب الطبقة قبل الحدل:

يجب أن تستمر عملية تقليب الركام مع الماء حتى الحصول على محتوى رطوبة متجانس لكل أجزاء الطبقة المراد إنشاؤها وإن حصول حالة الانعزال بسبب زيادة الرطوبة في جزء ما فيجب أن يؤدي ذلك إلى إزالة وإعادة فرش وترطيب ركام آخر بدلا عنه.

6- حدل الطبقة:

يجب حدل الطبقة إلى نسبة حدل لا تقل عن 95% من الكثافة المختبرية العظمى باستخدام الحادلات المناسبة ويفضل البدء بعملية الحدل حال الانتهاء من فرش الطبقة مباشرة. ومن الجدير بالذكر أنه يجب أن تكون كل طبقة من طبقات ما تحت الأساس ثابتة أثناء عملية الحدل وبعدها وأي جزء لا يحصل على نسبة الحدل المطلوبة فيجب أن يعالج. ويتم أخذ عينات من طبقة ما تحت الأساس المحدولة لفحص درجة الحدل على الأقل نموذجين لكل 2000 متر مربع أو حسب توجيهات المهندس المشرف، ويفضل أخذ نقاط إضافية وذلك في الأماكن بجوار أحجار الرصف أو فتحات المجاري لأن هذه الأماكن غالبا ما تشكل نقاط ضعف في الطريق.

7- التدقيق على السمك والإنهاء:

يجب أن يكون سطح طبقة ما تحت الأساس (subbase) مستوٍ ومنتظم وعند فحص استوائية الطبقة بمسطرة ألمنيوم بطول 4 متر يجب أن لا تزيد المسافة بين أسفل المسطرة وسطح الطبقة عن 2 سم. أما بالنسبة إلى المنسوب النهائي للطبقة فيجب أن لا يزيد عن 1سم ولا يقل عن 2سم عما هو مطلوب في التصاميم. أمل بالنسبة للتدقيق على قيمة السمك الكلي للطبقة فالمجال المسموح به هو اختلاف في قيمة السمك لا يزيد عن 10% ولا يقل عن 15%. وإن أي مساحة معينة من الطبقة لا يتطابق سمكها مع ما مطلوب في المخططات أو ليس ضمن حدود الاختلاف المسموح به فيجب إزالة هذا الجزء بأبعاد لا تقل عن 2 متر عرض و 30 متر طول و 75 ملم سمك ويصار إلى إعادة إنشاء هذا الجزء وفقا لما مطلوب في التصاميم. ومن الجدير بالذكر بأنه لا يسمح للمركبات أو الآليات بالمرور على طبقة ما تحت الأساس بعد الانتهاء من إنشائها إذا كان الموسم موسم أمطار. وكذلك يراعى ضبط مناسيب الطبقة بجوار المداخل المطرية لتسهيل عملية تصريف مياه الأمطار. وقبل إعطاء الموافقة النهائية على الطبقة، يجب التأكد من تنفيذ كافة الأعمال تحت الطرق وعمل التجارب اللازمة على خطوط مجاري مياه الأمطار والمجاري الصحية وعبارات خطوط الكهرباء والتليفون.

8- الذرعة:

إن وحدة قياس طبقة ما تحت الأساس عند الانتهاء من إنشائها هو المتر المربع وإن عدد الأمتار المربعة التي تدخل في الذرعة النهائية هي الأجزاء التي تطابق المواصفات وأي جزء من طبقة الـ (subbase) تم إنشاؤه خارج حدود ما تشير إليه المخططات فلا يدخل في الذرعة.

وتجدر الإشارة إلى أنه توجد أنواع أخرى من المواد تستخدم في إنشاء طبقة ما تحت الأساس لم يتم التطرق إليها بسبب عدم شيوع استخدامها في العراق مثل التربة الطينية المثبتة بالسمنت (soil cement stabilized subbase) أو التربة الطينية المثبتة بالنورة (lime stabilized subbase) أو التربة الحبيبية المثبتة بالأسفلت (bitumen stabilized subbase) ومن أراد المزيد فعليه بمراجعة المواصفات العامة للطرق والجسور الفصول R6E و R6F و R6G على التوالي للإطلاع على تفاصيل أكثر حول هذا الموضوع.

أعمال تنفيذ أحجار الرصف (Curbstone)

بعد الوصول إلى المناسيب الخاصة بخرسانة أحجار الرصف والتي قد تكون ضمن طبقة التأسيس (Subgrade) أو ضمن طبقة ما تحت الأساس (Subbase) فيجب عمل التخطيط اللازم لتنفيذ الأساس الخاص بأحجار الرصف.

أعمال تخطيط حجر الرصف:

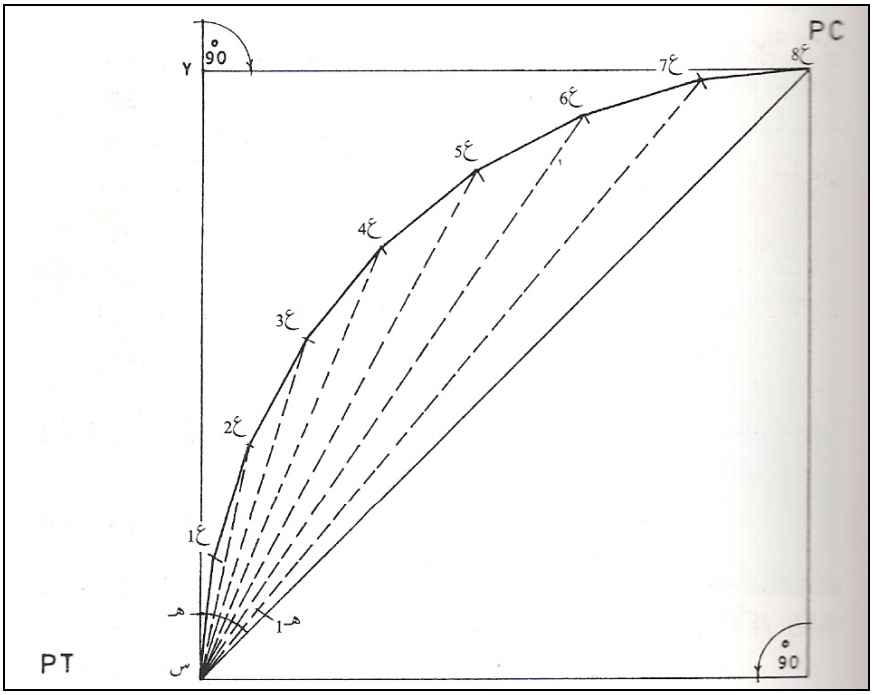
أ) الخطوط المستقيمة: يتم اختيار ثلاث نقاط على محور الطريق في أماكن مناسبة ويتم تدقيق استقامة أحجار الرصف اعتمادا على هذه النقاط الثلاثة بحيث تكون هذه النقاط على استقامة واحدة وموازية لمحور الطريق، ويتم ضبط مناسيب الأحجار كما هو مطلوب في المخططات باستخدام جهاز الليفل أو الثودولايت بمعلومية رواقم التسوية (Bench mark) المعتمدة في الموقع.

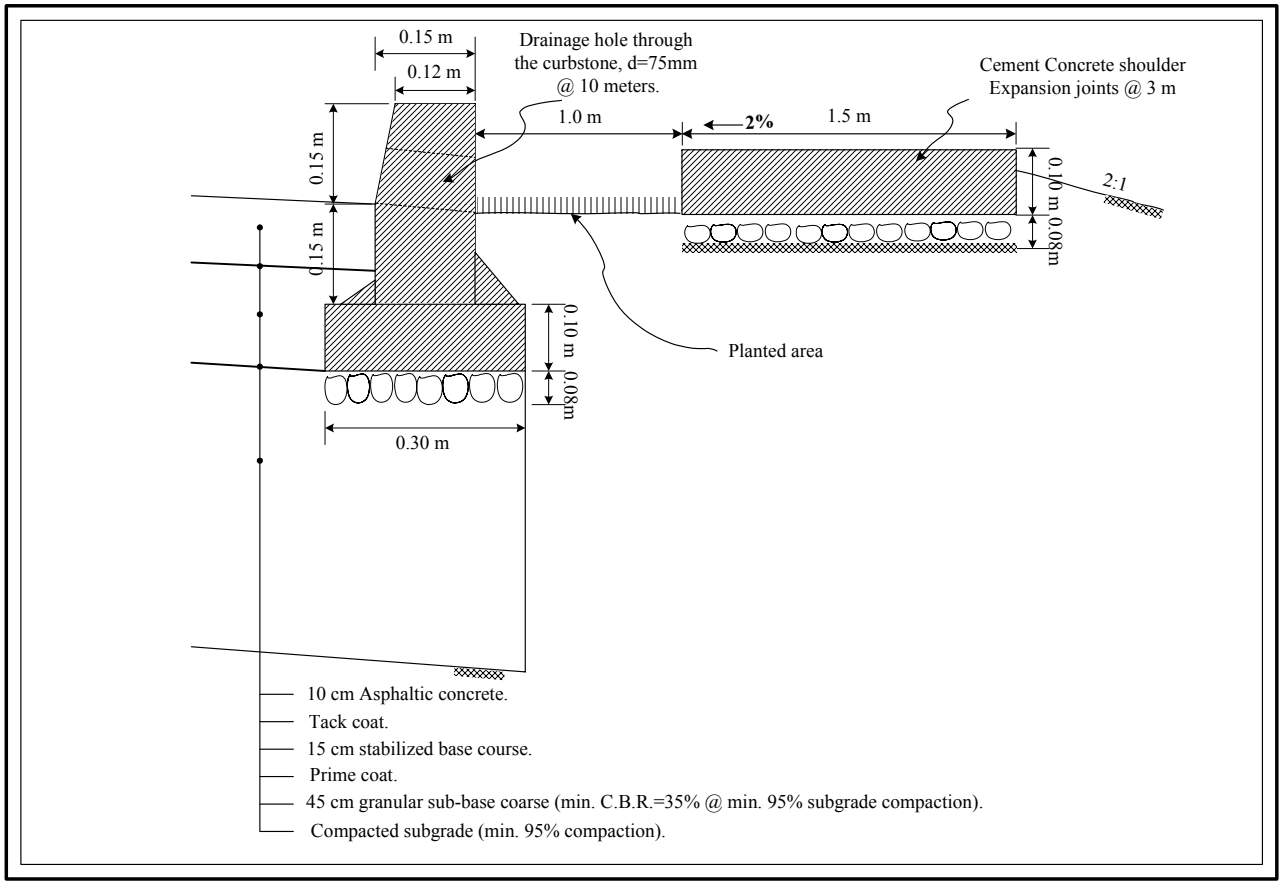
ب) الخطوط المنحنية:

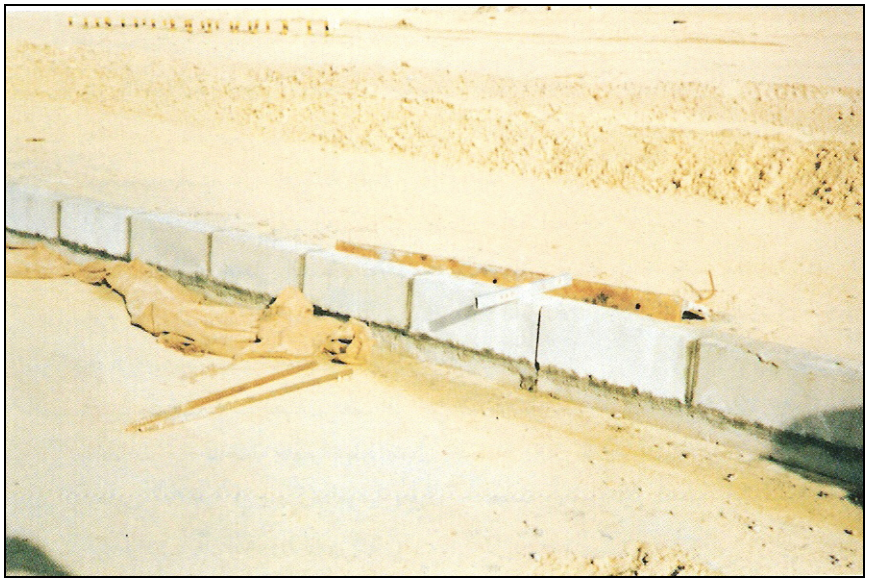
1- يتم تحديد بداية ونهاية المنحني على الخطوط المستقيمة السابق توقيعها.
2- بمعلومية نصف قطر المنحني وزاويته المركزية يمكن تحديد طول المنحني.
3- يقسم طول المنحني إلى مسافات مناسبة لا تزيد عن 1 متر.
4- تقسم الزاوية (هـ) إلى نفس عدد أجزاء المنحني ولتكن قيمة الجزء (هـ1).
5- يوضع الثيودولايت على النقطة (س) ويتم التوجيه إلى نقطة (ص) ويتم ضبط الزاوية الأفقية للجهاز على الصفر.
6- يتم تدوير جهاز الثيودولايت مع اتجاه عقرب الساعة على الزاوية الأفقية (هـ1) ويتم تحديد النقطة (ع1) عن طريق مطابقة مايشير إليه جهاز الثيودولايت (وهو قيمة الزاوية هـ1) مع طول جزء المنحني الذي تم فرضه يساوي (1) متر.
7- يتم تكرار إضافة الزاوية (هـ1) حتى نصل إلى النقطة (ع8) ويكون كامل المنحني قد تم تسقيطه على الأرض.

مراحل تنفيذ أحجار الرصف:

1- تصب خرسانة الأساس لأحجار الرصف (Curbstone) والتي تكون عادة بسمك (10سم) وعرض (30سم) والخرسانة السمنتية هذه تكون بنسب خلط (السمنت المقاوم للأملاح (1):الرمل (2): الحصى (4)) وتراعى أفقية الصب في الاتجاه العمودي على الطريق باستعمال ميزان مياه، ويراعى كذلك معالجة الخرسانة بالمياه والتغطية بالجنفاص في الجو الحار ووضع فواصل تمدد بسمك (1سم) كل ثلاثة أمتار على المحور الطولي للطريق.
2- بعد ذلك يتم عمل المونة بين أساس أحجار الرصف وأحجار الرصف والتي تتكون من السمنت والرمل بنسبة خلط (سمنت (1) : رمل (3)) والهدف منها هو تسوية مناسيب أحجار الرصف ولا يزيد سمك المونة عن (3سم) وتكون نسبة المياه المضافة لخلطة المونة قليلة نسبيا (مونة مفلفلة) (بسيس).
3- يتم تثبيت أو بناء أحجار الرصف ويراعى أن لا تزيد المسافة بين الأحجار (الحلول) عن (1سم) ويتم تدقيق الاستقامة والمناسيب وكذلك تدقيق أفقية الأحجار في الاتجاه العمودي على الطريق.


PC
PT
90°
90°
ع1
ع2
ع3
ع4
ع5
ع6
ع7
ع8


0.15 m
0.12 m
Drainage hole through
the curbstone, d=75mm
@ 10 meters.
Cement Concrete shoulder
Expansion joints @ 3 m
1.0 m
2%
1.5 m
0.15 m
0.15 m
0.10 m
0.08m
2:1
0.10 m
0.08m
Planted area
0.30 m
10 cm Asphaltic concrete.
Tack coat.
15 cm stabilized base course.
Prime coat.
45 cm granular sub-base coarse (min. C.B.R.=35% @ min. 95% subgrade compaction).
Compacted subgrade (min. 95% compaction).



4- يتم ملأ الفواصل بين الأحجار بمونة السمنت والرمل بنسبة (سمنت (1) : رمل (3)).

5- يتم استعمال أحجار الرصف بطول (1متر) للخطوط المستقيمة، أما بالنسبة للمنحنيات فيتم استعمال أحجار رصف بطول أقل، وبالنسبة للمنحنيات ذات أنصاف الأقطار الصغيرة (2متر فأقل) فيفضل صب أحجار الرصف موقعيا كما موضح أدناه.

أعمال تنفيذ طبقة التشرب الأولية (Prime Coat)

فوائد هذه الطبقة:

1- تهيؤ سطحا غير قابل لنفاذ الماء.
2- تهيؤ سطحا قابلاً للالتصاق بالطبقة التي تليه.
3- غلق فجوات طبقة ما تحت الأساس.

مكونات هذه الطبقة:

تتكون مادة هذه الطبقة من أسفلت (85-100) ونفط أبيض (كيروسين) بنسبة خلط حجمية (1.5أسفلت:1كيروسين)، حيث يعمل النفط الأبيض هنا كمذيب للأسفلت متوسط التطاير (Medium Curing).

معدل رش هذه الطبقة:

يتراوح معدل رش هذه الطبقة بين 0.5-1.2 لتر/متر مربع وهذا المعدل ذو مجال واسع ولكن يتم تحديد الكمية بناءً على العوامل التالية:

1- تكوين طبقة ما تحت الأساس، حيث تزداد الكمية في حالة زيادة نسبة التربة الرملية والعكس صحيح.
2- نسبة الرطوبة في الطبقة، حيث يزداد المعدل في حالة نقص الرطوبة.
3- درجة حرارة الجو، حيث يزداد المعدل في درجات الحرارة العالية.

ملاحظات حول تنفيذ الطبقة:

1- يجب التأكد من تماسك ونظافة طبقة ما تحت الأساس قبل المباشرة برش طبقة الـ (Prime Coat).
2- لا بد من جفاف سطح الطبقة تماما حيث أن الأسفلت لا يخترق سطحا رطبا.
3- يتم الرش بعد تسخين الأسفلت السائل إلى درجة حرارة تتراوح بين 60-85 درجة مئوية.
4- يبدأ الرش بعرض 25 سم بجانب أحجار الرصف يدويا باستعمال الموزع اليدوي أما باقي عرض الطريق فيتم رشه بمادة التشرب الأولية باستخدام مركبة حوضية حاوية على المادة اللاصقة، وذلك لتفادي اتساخ أحجار الرصف بالمادة اللاصقة أما باقي عرض الطريق فيتم تقسيمه إلى أجزاء ويسمح بتداخل الطبقات في الاتجاه الطولي بعرض لا يزيد عن 15سم ولا يسمح للتداخل في الاتجاه العرضي أي أنه لا بد من أن يكون معدل توزيع طبقة الرش منتظما في جميع أجزاء الطريق.
5- لا يسمح الرش عندما تكون درجة حرارة الجو أقل من 15 درجة مئوية وأثناء هطول الأمطار والضباب إلاّ بأخذ موافقة المهندس المشرف.
6- يمنع المرور فوق طبقة التشرب الأولية (Prime Coat) قبل مرور 24 ساعة على الأقل على رشه.
7- في حالة وجود أماكن فيها زيادة لنسبة الرش فيتم معالجتها قبل وضع طبقة الأساس (Base Course) وذلك بوضع رمل ساخن على الموضع الحاوي على زيادة في كمية مادة التشرب الأولية ثم يتم رفعه بعيدا عن الطريق، وإذا كانت المادة مازالت سائلة فيمكن إزالة الزيادة في المادة باستعمال رمل عادي.
8- في حالة الاضطرار إلى المرور على الطبقة فيمكن مداومة صيانتها برشها بقليل من الماء كل يومين وفائدة الماء هنا هو لتكوين طبقة رقيقة عازلة بين الـ (Prime Coat) وإطارات المركبات الذي يمنع تلف هذه الطبقة.

أعمال تنفيذ الطبقة اللاصقة (Tack Coat)

تربط هذه الطبقة بين طبقات الخرسانة الأسفلتية التي قد تكون طبقة الأساس (Base Course) أو الطبقة الرابطة (Binder Course) أو الطبقة السطحية أو (Wearing Course).

مكونات الطبقة:

تتكون هذه الطبقة من أسفلت (85-100) مع إحدى المشتقات النفطية سريعة التطاير (Motor Spirit) بنسبة خلط حجمية (2أسفلت:1Motor Spirit) وتعمل هذه المادة كمذيب للأسفلت سريع التطاير(Rapid Curing).

معدل رش هذه الطبقة:

يتراوح معدل رش هذه الطبقة بين 0.15-0.5 لتر/متر مربع ويتم تحديد هذا المعدل بناءً على الفترة الزمنية بين فرش طبقة الأساس والطبقة الرابطة.

ملاحظات حول تنفيذ الطبقة:

1- لا يسمح الرش عندما تكون درجة حرارة الجو أقل من 15 درجة مئوية وأثناء هطول الأمطار والضباب إلاّ بأخذ موافقة المهندس المشرف.
2- قبل المباشرة برش الطبقة اللاصقة يجب تنظيف السطح من المواد الناعمة والغبار باستخدام ضواغط الهواء.
3- يتم رش هذه الطبقة بعد تسخين المادة إلى درجة حرارة 65-85 درجة مئوية.
4- عند حدوث غبار بعد الرش يتم تنظيف السطح تنظيفا جيدا بضواغط الهواء تلافيا لوجود طبقة عازلة بين الطبقات الأسفلتية.
5- يتم فرش طبقة الخرسانة الأسفلتية الساخنة (Hot Mix Asphalt Concrete) فوق طبقة الـ (Tack Coat) بعد مرور ساعتين على الأكثر على فرش هذه الطبقة لضمان حصول الترابط الجيد بين الطبقة القديمة والجديدة.
6- زيادة معدل رش هذه الطبقة يؤدي إلى حدوث الانفصال بدلا من التماسك المطلوب إضافة إلى حدوث ظاهرة النضح أو النزف (Bleeding) على الطبقات السطحية مما يؤثر على ثباتها.

أعمال تنفيذ طبقة الأساس المثبت بالأسفلت (Stabilized Base Course) والطبقة الرابطة (Binder Course) والطبقة السطحية (Surface or wearing Course)

1- المواد: تتكون الخلطة من الركام الخشن والركام الناعم والمواد المالئة بالإضافة إلى المادة الرابطة وهي الأسفلت. حيث يجب أن يكون الركام ذو نوعية جيدة وديمومة عالية وخالٍ من الأطيان (Clay) والجبس (Gypsum) والمواد العضوية (Organic Matter).

أ) الركام الخشن (Coarse Aggregate): يعتبر الركام خشنا في حالة بقائه على المنخل رقم (4) قياس (4.75 ملم) فأكبر. ويجب أن تكون حبيبات الركام الخشن مكسرة (Crushed) ومكونة إما من الحجر المكسر (Crushed Stone) أو الحصى المكسر (Crushed Gravel) هذا بالنسبة للطبقتين السطحية والرابطة. أما بالنسبة للركام الخشن لطبقة الأساس فقد يكون إما مكسرا أو غير مكسر أو خليط منهما. إن نسبة الركام المكسر يجب أن لا يقل عن 90% وزنا من الركام المتبقي على المنخل رقم (4) (4.75ملم) ويجب أن تكون حبيبة الركام لها على الأقل وجه تعرض للكسر بواسطة الكسارة ويجب أن لا تزيد نسبة حبيبات الركام المسطحة أو التي تكون فيها نسبة الطول إلى العرض كنسبة (1 : 5) عن 10%.
وكذلك يجب أن لا تزيد نسبة النقصان في وزن الركام الخشن عن 12% عند غمره خمس مرات في مادة (Sodium Sulfate) أو عن 18% عند غمره في مادة (Magnesium sulfate).

ب) الركام الناعم (Fine Aggregate): وهو الركام العابر من المنخل رقم (4) (4.75ملم) والذي يجب أن يتكون من حبيبات نظيفة وخالية من المواد الغريبة بالإضافة إلى وجوب كونها حبيبات حادة الحافات وصلبة وذات ديمومة عالية.

ج) المواد المالئة (Mineral Filler): المواد المالئة قد تكون إما غبار الحجر أو مادة السمنت البورتلاندي أو النورة المهدرجة. ويجب أن تكون المواد المالئة جافة وخالية من المواد الغريبة. أما تدرج هذه المواد فموضحة أدناه:

Sieve Size (mm)	% Passing by weight
0.600 (No. 30)	100
0.300 (No. 50)	95-100
0.075 (No. 200)	70-100

د) مادة الأسفلت: يجب أن يكون الأسفلت متجانس وخالٍ من الرطوبة ولا يحدث فيه رغوة عند تسخينه إلى درجة حرارة 180 درجة مئوية. ويجب أن يحقق الأسفلت المتطلبات أدناه:

Requirements for Viscosity-Graded Asphalt Cement
(Grading Base on Original Asphalt)

Property	Viscosity Grade		
	AC-40	AC-30	AC-20
Viscosity, 60C, poises	4000±800	3000±600	2000±400
Viscosity, 135°C, Cs-minimum	400	350	300
Penetration, 25°C, 5sec., 0.1mm minimum	40	50	60
Flash point, °C minimum	232	232	232
Solubility in trichloroethylene, percent-minimum	99	99	99
Tests on residue from thin-film oven test:			
Viscosity, 60 °C, poises-maximum	20000	15000	10000
Ductility, 25 °C 5cm per minute cm-minimum	25	40	50

Requirements for Penetration-Graded Asphalt Cement

Property	Penetration Grade of Asphalt		
	40/50	50/60	60/70
1- Penetration at 25°C, 100gm, 5sec., (1/10mm)	40-50	50-60	60-70
2- Ductility at 25°C, 5cm/min., (cm)	>100	>100	>100
3- Flash Point, °C	>232	>232	>232
4- Solubility in trichloroethylene, (%)	>99	>99	>99
5- Residue from thin-film oven test:			
- Retained Penetration, % of Original	>55	>53	>52
- Ductility at 25°C, 5cm/min. (cm)	>25	>40	>50

هـ) خصائص المزيج: يتكون المزيج الخاص بالخرسانة الأسفلتية من الركام الخشن، الركام الناعم، المواد المالئة، والمادة الرابطة والتي هي الأسفلت. متطلبات نسبة المزج بالنسبة للمواد المذكورة آنفا موضحة أدناه:

Asphalt Mixture Grading

Sieve Size (inch)	**Sieve Size (mm)**	**Type I**	**Type II**	**Type IIIA**	**Type IIIB**
		Base Course	**Binder or Leveling Course**	**Surface or Wearing Course**	
		% Passing by Weight of Total Aggregate + Filler			
1½	37.5	100			
1	25.0	90-100	100		
¾	19.0	76-90	90-100	100	
½	12.5	56-80	70-90	90-100	100
⅜	9.5	48-74	56-80	76-90	90-100
No. 4	4.75	29-59	35-65	44-74	55-85
No. 8	2.36	19-45	23-49	28-58	32-67
No. 50	300µm	5-17	5-19	5-21	7-23
No. 200	75µm	2-8	3-9	4-10	4-10

Asphalt Cement (% by Weight of Total mix)	3-5.5	4-6	4-6	4-6

أما بالنسبة لنسب الاختلاف المسموح بها في مكونات الخلطة المصممة من قبل المهندس المختص فموضحة في أدناه:

Job Mix Formula Tolerances

	Tolerance
Aggregate Passing Sieve 4.75mm (No.4) or larger	±6.0%
Aggregate Passing Sieve 2.36mm (No.8) to 0.3mm (No.50)	±4.0%
Filler Passing Sieve 0.075mm (No.200)	±2.0%
Asphalt Cement	±0.3%
Mix Temperature	±15°C

وكذلك يجب أن تمتلك الخلطة الأسفلتية الخصائص الآتية عند رصها بمطرقة مارشال بـ 75 ضربة لكل وجه:

Properties of Asphalt Concrete Mixtures

Property	**Base Course**	**Binder Course**	**Surface Course**
Resistance to Plastic Flow (ASTM D1559), 75Blows/End			
- Marshal Stability (KN), Minimum	5	7	8
- Marshal Flow (mm)	2-4	2-4	2-4
Voids in Marshal Specimen (%)	3-6	3-5	3-5
Voids in Mineral Aggregate (%), Minimum	12	13	14
Immersion-Compression (ASTM D1075) Index of Retained Strength (%), Minimum	70	70	70

2- المرحلة التي تسبق فرش الخلطة الأسفلتية:

قبل عملية فرش الخلطة الأسفلتية لطبقة معينة يجب التأكد من نظافة الطبقة التحتية وفي حالة وجود أتربة فيتم تنظيف السطح بضواغط الهواء وفي حالة وجود منطقة غير متماسكة فيتم معالجتها قبل المباشرة بفرش الطبقة اللاحقة. وكذلك يجب التأكد من استوائية الطبقة السابقة قبل فرش الطبقة اللاحقة بواسطة فحص استوائيتها بمسطرة ألومنيوم بطول 4 متر ولا يسمح اختلاف أكثر من 10ملم بين أسفل المسطرة وسطح الطبقة في حالة كون هذه الطبقة هي الطبقة الرابطة.

3- عملية فرش الخلطة الأسفلتية: يتم فرش الخلطة الأسفلتية باستعمال الفارشات (Spreaders or Pavers) والموضحة صورتها في أدناه. ومن المهم الأخذ بنظر الاعتبار بعض الملاحظات حول عملية فرش الخلطة الأسفلتية وهي:

* يفضل أن توضع الخلطة الأسفلتية في الفارشة مباشرة عند وصولها للموقع بواسطة مركبات الحمل (اللوريات) (Loaders).
* يجب أن تكون درجة حرارة الخلطة الأسفلتية عند وضعها في الفارشة لا تقل عن 120 درجة مئوية بالنسبة للطبقتين الأساس الرابطة ولا تقل عن 130 درجة مئوية بالنسبة لخلطة الطبقة السطحية مع فارق يسمح به بعد أخذ موافقة المهندس المشرف وهو ±10 درجة مئوية. وفيما عدا ذلك فيتم رفض هذه الخلطة.
* يتم تقسيم عرض الطريق إلى أجزاء حسب عرض الفارشة المتوفرة.
* يفضل أن يتم الفرش اليومي بكامل عرض الطريق حيث أنه لو تم ترك جزء إلى اليوم التالي فلا بد من قطع الحافة الطولية بحيث يكون عموديا على سطح الطبقة ويتم رش هذا الجزء بالمادة اللاصقة (Tack Coat).
* يتم تجنب الرفع والخفض السريع للفارشة لتعديل المناسيب وأن يتم ذلك تدريجيا وببطء لتجنب حدوث عدم استوائية في السطح.
* يمكن استعمال فارشتين في وقت واحد عند فرش الطبقة.
* يراعى أن تكون سرعة الفارشة بين 3-6 متر/دقيقة مع تجنب الوقوف المفاجئ للفارشة للمحافظة على استواء السطح.
* أقصى سمك لفرش هذه الطبقات هو 10سم وفي حالة زيادة السمك عن ذلك فيتم تقسيمه إلى طبقات.
* لا يتم وضع الطبقة الأخرى إلا بعد تمام إنهاء حدل الطبقة السفلى وبرودتها إلى درجة حرارة الجو ورشها بالطبقة اللاصقة.
* يتم تدقيق منسوب الفرش قبل الحدل بزيادة سمك الطبقة عند فرشها لأخذ نسبة الانضغاط في السمك بعد الحدل بنظر الاعتبار وتعتبر نسبة 20% زيادة مناسبة وإذا كان لا بد من التأكد من ذلك فيتم أخذ المناسيب قبل وبعد الحدل.
* يفضل الاستعانة بالمسطرة الألومنيوم أثناء الفرش وقبل الحدل لمعالجة أي عدم استواء في السطح ولا بد من استخدامها عند الفرش في الأماكن الضيقة.
* التأكد من عدم وجود رطوبة على الطبقة اللاصقة قبل السماح بالفرش لأن فرش الخلطة الساخنة مع وجود الرطوبة يؤدي إلى ضعف الترابط بين الطبقات.
* لا يسمح بالمرور على الطبقة أو فرش طبقة أخرى قبل وصول درجة حرارة الطبقة السفلى إلى درجة حرارة الجو أو مرور 12 ساعة على إنهاء حدل الطبقة السفلى أيهما أبعد.
* يسمح باستعمال الفرش اليدوي في الحالات الآتية:
  - لأجل الفرش المنتظم في المساحات التي يكون فيها سمك الفرش غير منتظم.
  - في الأماكن الضيقة الصغيرة التي لا تستطيع فيها الفارشة التحرك بحرية.
  - في المماشي.
  - في المساحات المحصورة بين المقتربات ومفاصل التمدد في الجسور.
* في بعض الحالات تنتج فجوات على السطح إما لعيوب في الفارشة أو لوجود خشونة في الخلطة الأسفلتية لذا يجب معالجة هذه الفجوات.
* زيادة نسبة المواد الخشنة في الخلطة (الحصى) يمكن معرفتها من الصعوبة في التنفيذ (قلة قابلية التشغيل Low Workability) ومظهرها الخشن على الطريق. وأيضا عند زيادة نسبة المواد الناعمة تبدو الخلطة بلون بني ولذا في كلتا الحالتين يجب الإسراع بأخذ عينات من الخلطة الأسفلتية للتأكد من التدرج حتى يمكن عمل التعديل اللازم في محطة الخلط.

* تراعى العناية التامة عند فرش الخلطة الأسفلتية حول فتحات المجاري الموجودة في الطريق للمحافظة على تطابق منسوب الطبقة السطحية مع منسوب أغطية هذه الفتحات.
* يراعى ملئ أماكن العينات المأخوذة من الطبقة السابقة قبل فرش الطبقة اللاحقة ويفضل أن تكون من نفس نوع الخليط ويمكن أيضا استعمال الخليط الخاص بالطبقة اللاحقة وحدله جيدا ويمكن أيضا ملئ هذه الأماكن بالخرسانة السمنتية.

4- ملاحظات حول عملية حدل الطبقات:

- يمكن تقسيم عملية الحدل إلى ثلاث مراحل: وهي **الحدل الأولي أو الابتدائي** الذي تقوم به الفارشة (Paver) والحادلات ذات الإسطوانات الحديدية الملساء زنة 2-12 طن (إسطوانة أمامية وأخرى خلفية)، و**الحدل الرئيسي** الذي تقوم به الحادلات ذات الإطارات المطاطية زنة 10-20 طن (عدد العجلات الأمامية من 2-5 عجلة وعدد العجلات الخلفية من 3-7 عجلة) والتي يمكن تحميلها بحمولة إضافية تصل إلى 6 طن ويتطلب أن تكون سرعة هذه الحادلات بين 3-5كم/ساعة ويجب أن لا تكون درجة حرارة المزيج أقل من 100 درجة مئوية عند الحدل بهذه الحادلات بحيث يمكن تحقيق ذلك بأن تكون الحادلة على مسافة 50-100متر خلف الفارشة، و**الحدل النهائي** الذي تقوم به الحادلات ذات الإسطوانات الحديدية الملساء زنة 3-16 طن (إسطوانة أمامية وإسطوانتين خلفية) ويمكن تحميلها بحمولة إضافية تصل إلى 2.5 طن حيث تمتاز هذه الحادلة بقدرتها على ختم أو حدل المفاصل المتكونة نتيجة تقسيم عرض الطريق إلى أجزاء بالإضافة إلى قدرتها التخلص من العلامات التي تحدثها المرحلتين الأولى والثانية من الحدل وذلك لإعطاء سطح مستوٍ للطبقات الأسفلتية النهائية ويتطلب أن تكون سرعة هذه الحادلة بين 6-10كم/ساعة وعلى مسافة 80-120 متر خلف الفارشة، ومن الجدير بالذكر بأن عدد الاجتيازات للحدل النهائي ينتهي لحين اختفاء جميع التشوهات أو العلامات ويجب بعدها أن تتوقف عملية الحدل إذا أمكن وضع اليد على التبليط لمدة أطول من 6 ثواني.
- يفضل أن تبدأ عملية الحدل من الجانب المنخفض للطريق باتجاه الجانب المرتفع.
- لا يسمح للحادلة بالتوقف على الطبقة غير المحدولة حدلاً نهائياً ودرجة حرارتها ما تزال أعلى من 70 درجة مئوية.
- يجب إتخاذ إجراءات معينة تمنع من تعرض سطح التبليط إلى النفط (Oil) أو الشحوم (Grease) أو أيٍ من المشتقات النفطية من قبل الحادلة أو من غيرها.
- في الأماكن الضيقة التي لا تصل إليها الحادلات يتم الحدل باستخدام حادلات ميكانيكية يدوية (Hand Tamper) صغيرة لإعطاء حدلٍ كافٍ. هذه الحادلات الصغيرة يجب أن لا يقل وزنها عن 15كغم ويمكنها الرص بمساحة رص لا تزيد عن 30سم^2.
- عند حدل المنحنيات (الأقواس الأفقية)، يجب أن يبدأ الحدل عند الممر الداخلي ويجب إجراء الإجتيازات بأقل تصحيح للتوجيه، حيث أنه عند حدل الخرسانة الأسفلتية على الجانب الداخلي للإستدارة فإنها تعمل كجدار ساند يمنع ما تبقى من المزيج من النفاذ إلى الداخل. إن هذه الطريقة من الحدل ضرورية عند المنحنيات المجاورة للتلال أو المرتفعات الجبلية.
- في المشاريع الكبيرة مثل الطرق الرئيسية أو المطارات يصار إلى استخدام فارشتين لتسريع التنفيذ حيث يقسم عرض الطريق مثلا إلى جزأين ومن ثم، بعد الفرش، تبدأ عملية الحدل بحادلتين والصحيح أن يبدأ الحدل من جانبي الطريق ويترك مفصل المركز بعرض 15-20 سم ليحدل بمركز إسطوانة الحادلة ذات الإسطوانات الحديدية الملساء كي لا تظهر أي آثار للمفصل بين الفارشتين مستقبلا.
- يتم قطع نموذجين (Core) على الأقل لكل يوم عمل ويتم قياس نسبة الحدل لهذين النموذجين.
- نسبة حدل كل طبقة (أي طبقة الأساس والطبقة الرابطة والطبقة السطحية) يجب أن لا يقل عن عن 97% من كثافة مارشال المختبرية عند رص نموذج من الخلطة بمطرقة مارشال بـ 75 ضربة لكل وجه من وجهي النموذج.
- يجب عدم إيقاف الحادلة على منحدر قوي بعد إنهاء عملية الحدل كي لا يسبب ذلك وقوع حوادث.

5- محددات الطقس:

- يجب منع فرش طبقات الخرسانة الأسفلتية في الجو الممطر.
- عدم فرش الخرسانة الأسفلتية على سطح متجمد أو مغطى بالجليد.
- لا يسمح بفرش الطبقات الأسفلتية عندما تقل درجة حرارة الجو عن 5 درجة مئوية أو حسب توجيهات المهندس المشرف على التنفيذ.

6- التدقيق على درجة نعومة سطح الطبقة، السمك، الإنهاء، وعدم الإنتظام في السطح:

أ) نعومة سطح التبليط: بعد إنهاء عملية حدل كل طبقة يتم تدقيق نعومة سطحها واحتمال عدم الإنتظام فيه حيث يتم التأكد من ذلك باستعمال مياه ترش على السطح وأي تجمع للمياه في مكان معين يدل على وجود عدم انتظام فيه حيث يجب تصحيح عدم الانتظام بدون إضافة أي مبلغ للمقاول.

ب) التدقيق على سمك الطبقة: في حالة حصول نقصان في سمك الطبقة لا يزيد عن 3ملم فيتم قبول الطبقة، أما إذا كان النقص في السمك أكثر من 3ملم إلى حد 10ملم فيتم قبول الطبقة بعد تقليل المبلغ المدفوع للمقاول الخاص بهذه الفقرة، أما إذا زاد النقصان عن 10ملم فعندذاك يتم رفض الطبقة وقلعها وإبدالها بطبقة أخرى بدون إضافة كلفة.

ج) حالة سطح الطبقة: يجب أن يكون السطح ذو ملمس خشن منتظم غير نفاذ للماء، ويجب كذلك أن يكون السطح خالياً من الأخاديد والنزف والتشققات والتفتتات.

د) التدقيق على مناسيب الطبقة: لا يسمح باختلاف في المناسيب عما مدون في أدناه:

Course	Tolerance
Surface Course	±4.0mm
Binder Course	±6.0mm
Base Course	+8mm to –20mm
Sub-base Course	+10mm to –20mm

هـ) التدقيق على استواء السطح: عند اختبار الاستواء في سطح الطبقة باستعمال مسطرة ألومنيوم بطول 4متر في اتجاه محور الطريق أو عمودية عليه، يجب أن لا تزيد المسافة بين أسفل المسطرة وسطح التبليط عن 3ملم.

و) الاختلاف في الميول العرضية يجب أن لا يزيد عن 0.3% عما هو مطلوب في التصاميم.

7- بعض الملاحظات التي تؤدي إلى رفض الخلطة موقعيا:

- عدم تجانس لون الخلطة الأسفلتية مما يدل على عدم تمام الخلط أو سببه نقص في نسبة الأسفلت المضافة للخلطة.
- في حالة ظهور الخلطات بسطح مستوٍ على القلاب وليس بشكل هرمي فإن ذلك يدل على زيادة نسبة الأسفلت في الخلطة بالإضافة إلى وجود تجمعات ضمنها.
- تصاعد دخان أزرق من الخلطة يدل على احتراقها ويتوجب في هذه الحالة الدقة في قياس درجة حرارتها ففي حالة زيادتها عن درجة حرارة الوميض (Flash Point) يجب رفض الخلطة.
- إختفاء لمعان حبيبات الركام وميل لون الخلطة إلى البني يدل أيضا على نقص نسبة الأسفلت في الخلطة.