انشاء الطرق

المحاضرة الاولى

المراحل والخطوات الرئيسية المتبعة في انشاء الطريق:

- اختيار افضل مسار للطريق.
- رفع مناسيب الارض الطبيعية.
- اعداد مخططات تفصيلية لمناسيب الارض الطبيعية.
- تصميم المنسوب النهائي للطريق.
- عملية التسقيط في الحقل (الموقع).

١) اختيار افضل مسار للطريق:

ويتم ذلك من خلال:

- استطلاع المنطقة والتعرف على طبوغرافية الارض اي تضاريس الارض التي سيمر من خلالها الطريق.
- وجود العوارض سواء كانت طبيعية كالجبال او الغابات او الانهار او غير طبيعية مثل وجود املاك خاصة.
- التعرف على نوعية التربة.

وقد تستخدم الصور الجوية لتحديد افضل مسار للطريق من الناحية الفنية والهندسية وكذلك من الناحية الاقتصادية بحيث يصل هذا المسار بين نقطتين وتقليل الكلفة الانشائية قدر الامكان.

تعتبر هذه المرحلة من اهم المراحل، لكونها تؤثر على الناحية التصميمية للطريق كما تحدد الكلفة الانشائية للطريق.

٢) رفع مناسيب الارض الطبيعية التي سيمر من خلالها الطريق:

ويستخدم في ذلك اجهزة المساحة منها جهاز الثيودولايت وجهاز التسوية واشرطة القياس الفولاذية والاوتاد والشواخص.

يتم تقسيم الطريق الى محطات تتراوح المسافة بين محطة واخرى (100-50) م وقد تكون اقل من ذلك حسب طول الطريق وطبيعة الارض، علما ان رفع المناسيب يكون للخط الوسطي (Center Line) وكذلك على يمين ويسار الطريق حسب عرض الطريق مع الاكتاف. كما يتم

رفع منسوب الارض كلما تغيرت طبوغرافية الارض وتثبت العوارض الطبيعية او غير الطبيعية كالأنهار والجداول والمستنقعات وسكك الحديد.

الاكتاف : هي الاجزاء الجانبية من الطريق الواقعة بين الحافة الخارجية لسطح الرصف (التبليط) والحافة الداخلية لقناة تصريف المياه.

الاكتاف

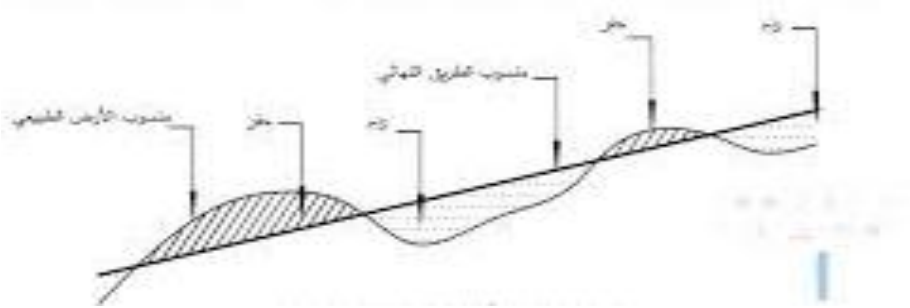
٣) اعداد مخططات تفصيلية لمناسيب الارض الطبيعية:

تنفذ المخططات على طول مسار الطريق وحسب المحطات.

٤) تصميم المنسوب النهائي للطريق:

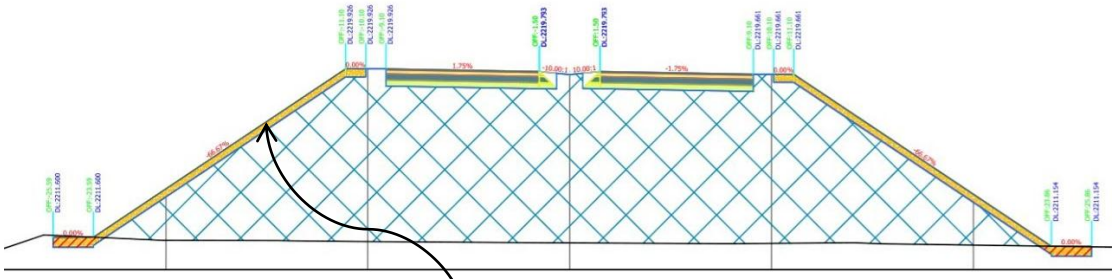
و يتم عن طريق مهندس الطرق

- بحيث يحقق توازن بين اعمال الردم والحفر لتقليل الكلفة في فقرة الاعمال الترابية.



اعمال الحفر والدفن (الردم)

- كما يحدد الانحدار الطولي للطريق (الانحدارات الجانبية على طول الطريق).



الانحدار الجانبي

- يقوم بتصميم المنحنيات الافقية والعمودية للطريق والمسافة (مسافة الرؤية) ومسافة التوقف طبقا للمواصفات الهندسية.

المنحنيات الافقية

<u>الغاية من المنحنيات</u> : هو لتفادي التغير المفاجئ في مسار الطريق حيث تصل المنحنيات بين الخطوط المستقيمة والمتقاطعة لمسار الطريق.

- يحدد موقع القناطر ومنافذ تصريف المياه.

٥) **عملية التسقيط في الموقع**:

تجرى عملية استكشاف كاملة في الموقع من قبل فريق مساحة متخصص وتراجع جميع المخططات وتقارن مع واقع الحال قبل البدء بعملية التسقيط وتثبت الاخطاء ان وجدت لتعالج وتصحح قبل البدء بالعمل.

وتستخدم في عملية التسقيط اجهزة المساحة المختلفة وتوجد في الوقت الحاضر اجهزة متطورة شاملة وسريعة تساعد كثيرا في تقليل الوقت اللازم لأعمال التسقيط مع الدقة العالية. كما يتم تدقيق المناسيب والزوايا ومواقع القناطر والاطوال وانصاف اقطار المنحنيات.

اعمال الطرق:

ويقصد بها عملية تهيئة التربة الطبيعية او تربة التدريج والوصول بها الى المنسوب النهائي بكامل التساريح الجانبية (الميول الجانبية) والحدل المناسب.

تربة التدريج: هي الجزء العلوي او الطبقة الاخيرة من اعمال التعلية الترابية.

تقسم الاعمال الترابية في مشاريع انشاء الطرق الى:

- اعمال الحفر
- اعمال الدفن يتم انشاء تعلية ترابية او سدة ترابية وبارتفاع متغير حسب المناطق.

تكون اعمال الحفر والدفن (الردم) لإنشاء طريق ما متغيرة في كمياتها، بسبب طبوغرافية المنطقة وتصميم الطريق والمنسوب المطلوب للطريق.

لغرض رفع منسوب الارض الطبيعية الى مستوى معين:

- يجب قشط التربة السطحية بسمك حوالي 15سم لإزالة اثار النباتات والمواد العضوية والوصول الى طبقة ذات تحمل جيد.

- تفرش بعد ذلك التربة التي تستخدم في اعمال الدفن ويجب ان تكون نظيفة خالية من المواد العضوية وذات خواص مناسبة.

المقالع الترابية او حفر الاستعارة هي عبارة عن مناطق مرتفعة تحتوي على كميات ترابية كبيرة ومن الترب الجيدة للإنشاء وقريبة من مسار الطريق المقترح.

- تعتبر التربة الطينية الممزوجة مع نسبة قليلة من الرمل وكذلك مزيج من الحصى والرمل الطبيعي من الترب الصالحة لهذا الغرض.

- تتم عملية (الدفن) الردم بفرش طبقات من التربة ذات محتوى رطوبة محدد وبسمك لا يتجاوز 15 سم بعد الرص (الحدل).

الغرض من اعمال التعلية الترابية:

- لضمان ان يكون منسوب الطريق اعلى من منسوب المياه الجوفية.
- لتقليل تأثير المياه السطحية ومياه الامطار على الطريق.
- لضمان تنفيذ متطلبات التصميم للطريق من حيث الانحدارات (الميول الجانبية).

ان التعلية الترابية يشترط ان تكون مقاومة للهبوط وثابتة (مستقرة). قبل المباشرة بإنشاء التعلية الترابية لا بد من تقدير مقدار الهبوط المتوقع لسطحها والناتج من انضغاط التربة تحتها وذلك بإجراء التجارب العملية على عينات من التربة المستخدمة للدفن وكذلك لعينات من تربة الأرض الطبيعية والتي تعتبر اساس الطريق.

ان التساريح الجانبية (الميول الجانبية) يجب ان تكون امينة ومستقرة وان لا تقل عن 1:3 (1 عمودي : 3 افقي).

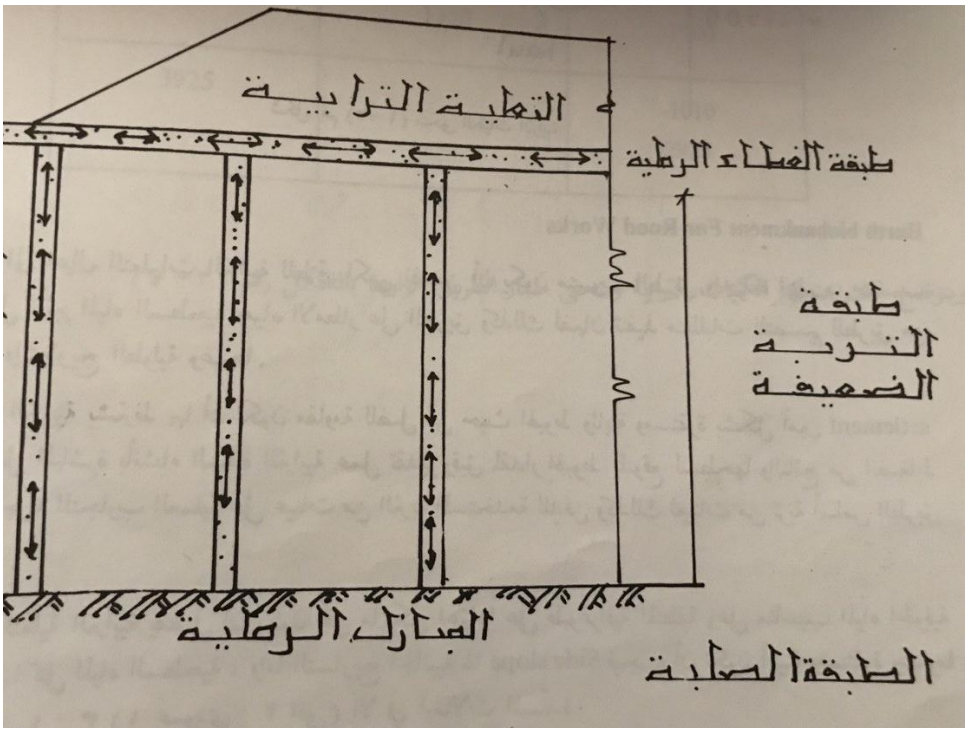
عندما تكون التربة الطبيعية الاساس للطريق تربة طينية او غير جيدة غالبا ما تنفذ احدى التقنيات الاتية:

- استعمال تساريح جانبية (ميول جانبية) كبيرة لغرض زيادة مقدار مساحة القاعدة وبالتالي تقليل الضغط على تربة الاساس.
- تسليط احمال عالية الشدة اثناء الانشاء وذلك لتسريع عملية الهبوط الاعتيادي اثناء العمل.
- ازالة تربة الاساس الرديئة بشكل كلي او جزئي.
- تخفيض منسوب المياه الجوفية.
- تثبيت التربة ويتم تثبيت التربة بإضافة الاسفلت او الاسمنت او الجير بنسبة معينة.
- استعمال المبازل الرملية.

<u>مبازل الرمل العمودية:</u>

تنفذ بعمل عدد من الحفر العمودية على طول مسار الطريق في التربة الضعيفة ومن ثم ملئ هذه الحفر بالرمل حيث يعمل الرمل كوسيلة لتسهيل هروب المياه الجوفية من التربة الضعيفة عند تحميلها بوقت قصير نسبيا.

تسرع هذه الطريقة في مقدار الهبوط للتربة الاساس تحت التعلية الترابية ويزيد من مقدار اجهاد القص (اي التشوه في التربة الضعيفة بمعنى ان تخضع التربة وتتكسر عند عملية التحميل) ويؤمن وبفترة قصيرة ان لا يحدث هبوط شديد في التربة الاساس فيما بعد.



عمليات القطع:

تتم باستخدام بعض مكائن الحفر الخاصة وذلك لإزالة جزء من الطبقة السطحية العالية التي تعترض الطريق.

تستخدم الحفارات لحفر الصخور متوسطة القوة والصلابة. اما الصخور الصلبة فيتم باستخدام اصابع الديناميت بعد عمل ثقوب بالصخر توضع داخلها المواد الناسفة و تفجر.

الحدل:

هو عملية ضغط اي تقريب حبيبات التربة الى بعضها البعض وتقليل مجموع الفراغات البينية بينها.

من العوامل التى تؤثر على عملية الحدل:

- محتوى الرطوبة في التربة.
- نوع ومقدار الاوزان المسلطة.
- نوع التربة.

تفرش طبقات الدفن بصورة افقية ومتجانسة لضمان حدلها ويتوقف سمك الطبقة على نوع التربة والآلات ويتراوح من (20-10) سم. تتم عملية الحدل اما بطريقة الضغط او الضغط والاهتزاز.

انواع الحادلات:

١) الحادلات ذات العجلات المطاطية المحملة بالأوزان وغالبا ما تستخدم للتربة الرملية.

الحادلات المطاطية

٢) الحادلات ذات العجلات الاسطوانية الحديدية الملساء وتستخدم للتربة الحبيبية والحاوية على نسبة من الاحجار المكسرة والحصى المتدرج (اكثر من حجم واحد) وتستخدم ايضا للطبقات العليا السطحية للأعمال الترابية لإعطائها سطحا متجانسا.

الحادلات الحديدية الملساء

٣) حادلات اضلاف الغنم وتستخدم لحدل التربة الطينية وتتوقف نتائج الحدل على الوزن وعلى عدد الاضلاف (الحوافر الحديدية) ومساحة مقطعها وعدد مرات المرور على الطبقة الواحدة اثناء الحدل.

حادلات اضلاف الغنم

٤) الحادلات الهزازة ومنها الحادلات ذات الاسطوانات الكبيرة الملساء والتي تكون بعضها ثنائية العجلات والاخر ثلاثية العجلات حيث تولد ذبذبات عند مرورها على الطريق حيث تؤدي الى اعادة ترتيب وتداخل حبيبات التربة الغير محدولة لتجعلها اكثر كثافة اضافة الى الوزن المسلط من الحادلة نفسها. وتستخدم في التربة الرملية او التربة الخشنة الحبيبية.

انشاء الطرق

المحاضرة الثانية:

تصميم الطرق:

ينقسم تصميم الطرق الى مرحلتين اساسيتين هما:

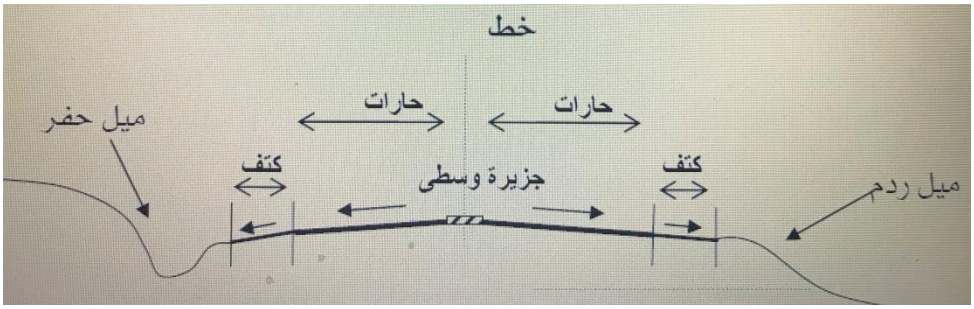
- مرحلة التصميم الانشائي.
- مرحلة التصميم الهندسي.

التصميم الانشائي:

هو التصميم الذي يهتم بتحديد خصائص الطبقات المكونة للطريق من حيث انواع هذه الطبقات (طبقة تحت اساس او طبقة اساس او طبقة اسفلتية) بالإضافة الى سمك هذه الطبقات، حيث يتم تحديد هذه الطبقات وسمك كل طبقة اعتمادا على حجم المرور ونوع المركبات المتوقع مرورها على الطريق.

التصميم الهندسي:

هو التصميم الذي يهتم بتحديد العناصر المختلفة لمقطع الطريق.



يتوقف التصميم الهندسي على:

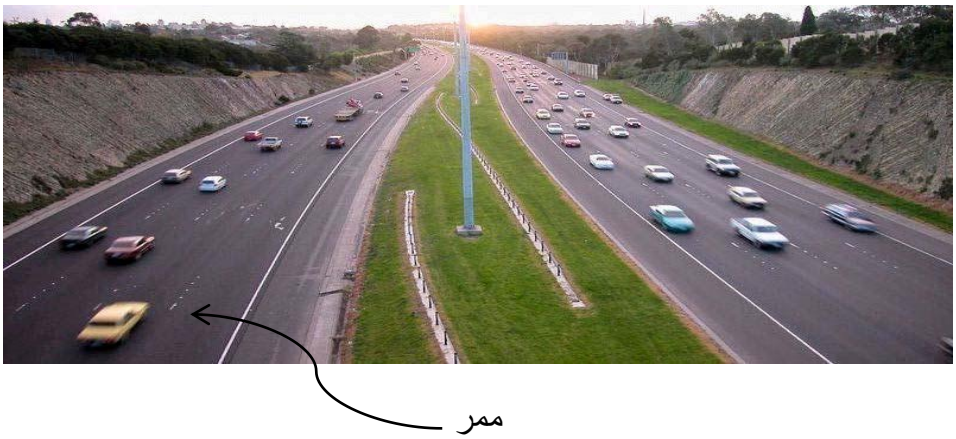
- اهمية الطريق.
- مدى الاستفادة من هذا الطريق.

ان الطرق التي يمر عليها عدد كبير من المركبات وبسرعات عالية تتطلب **مواصفات** تختلف عن تلك **المواصفات** التي تتطلبها الطرق التي يمر عليها عدد قليل من المركبات وبسرعات منخفضة.

تشمل هذه المواصفات:

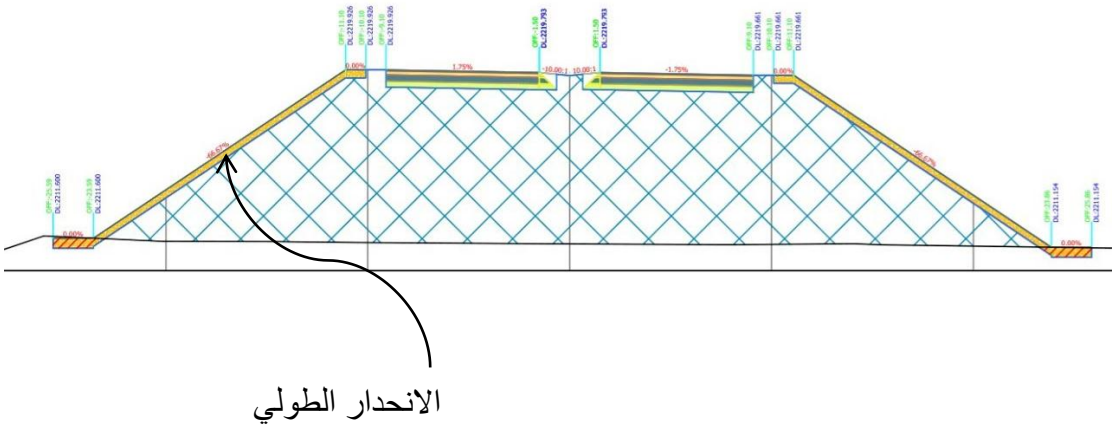
١. **عدد وعرض الممرات (المسارات).**

ان الطرق الرئيسية التي تصمم لاستقطاب احجام كبيرة من المرور وبسرعات عالية تتطلب عددا كبيرا من الممرات العريضة.



٢. **حدة الانحدارات الطولية (الانحدار الجانبي)**

ان الطرق ذات الاحجام المرورية الكبيرة وبسرعات عالية تتطلب انحدارات طولية صغيرة (اي تكون زاوية الميل صغيرة لتوفير امان اكبر في حالة خروج المركبة عن مسار الطريق).



٣. **درجة المنحنيات الأفقية**

ان الطرق ذات الاحجام المرورية الكبيرة وبسرعات عالية تتطلب منحنيات منبسطة افقية ذات انصاف اقطار كبيرة نسبيا وتجنب المنحنيات ذات انصاف الاقطار الصغيرة وذلك للحد من اخطار القيادة وتوفير الراحة لسائق المركبة:

المنحنيات الافقية

٤. **عرض الأكتاف**

يختلف عرض الكتف بحسب نوع واهمية الطريق فكلما كان منسوب الطريق عاليا كلما زاد عرض الكتف.

بصورة عامة

ان الطرق الرئيسية التي تصمم لاستقطاب احجام كبيرة من المرور وبسرعات عالية تتطلب عددا كبيرا من الممرات العريضة وانحدارات طولية صغيرة ومنحنيات منبسطة ذات انصاف اقطار كبيرة نسبيا.

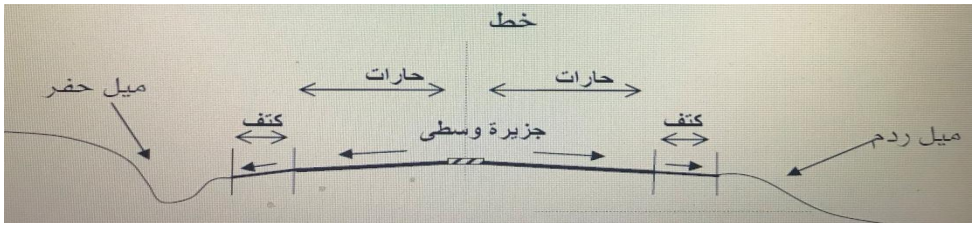
في كثير من الاحيان يواجه المصمم للطرق مهمة وصل الخطوط المستقيمة والمتقاطعة لمسار الطريق بمنحنيات غايتها تفادي التغير المفاجئ في الاتجاه وتسهيل الانتقال التدريجي بين هذه الخطوط المتقاطعة وذلك للتقليل من اخطار القيادة.

في حالة كون سطح الارض منبسط يمكن اعتبار سطح الطريق مكون من اجزاء مستقيمة واخرى منحنية (منحنيات دائرية افقية).

اما اذا كان سطح الارض جبلي فيمكن اعتبار سطح الطريق مكون من مناطق افقية ومناطق منحدرة (موجبة وسالبة) ويتم ربطها بمنحنيات راسية عمودية.

عناصر المقطع العرضي للطريق:

التصميم الهندسي للطريق هو التصميم الذي يهتم بتحديد العناصر المختلفة لمقطع الطريق.
الشكل ادناه يوضح عناصر المقطع العرضي لطريق باتجاهين ومن هذه العناصر:



عناصر المقطع العرضي لطريق باتجاهين

١. **سطح الطريق المرصوف**:

ان الخواص المهمة لنوع السطح لها علاقة مع التصميم الهندسي كقابلية السطح على الاحتفاظ بشكله وابعاده وقابليته لتصريف مياه الامطار.

ان الطرق المصممة لعدد كبير من المركبات (احجام مرورية كبيرة) وبسرعات عالية تتطلب سطوحا ناعمة مع خاصية منع الانزلاق، الا ان السطوح الناعمة جدا قد تسبب في انزلاق السيارات ووقوع الحوادث خاصة عندما تكون هذه السطوح مبتلة، لذلك فان الميول العرضية غالبا ما تكون عند حدها الادنى.

اما السطوح الخشنة فان حجم المرور وسرعة المركبات تكون قليلة مقارنة مع الاسطح الناعمة، لذلك فان الميول العرضية غالبا ما تكون عند حدها الاعلى.

تتوقف طبيعة السطح المرصوف على:

- اهمية الطريق
- حركة المرور
- نوعية مواد الرصف المستعملة
- خبرة شركات الرصف
- كلفة الأنشاء
- صيانة الطريق.

تؤثر حالة السطح المرصوف على:

- سلامة المرور من حيث انزلاق المركبات ورؤية السائقين.
- راحة المسافرين من حيث الصوت الذي تحدثه المركبات عند السير عليها.

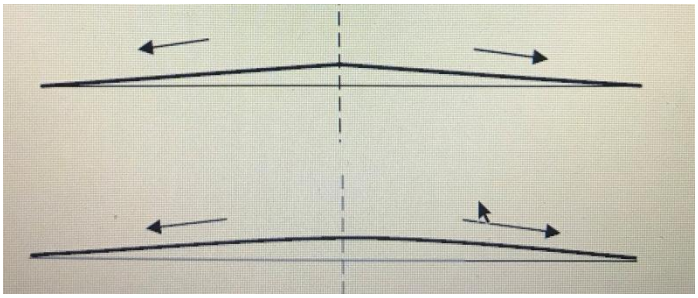
٢. **الميول العرضية للرصف**:

يتم عمل ميول عرضية لسطح الطريق من الجهتين لخط محور الطريق وذلك لتصريف مياه الأمطار وتتوقف قيم الميول العرضية على نوع الرصف، فيستعمل الميل البالغ 2% للطرق المعبدة والميل البالغ 3% للطرق غير المعبدة، مع الانتباه الى ان الأكتاف تميل بنسبة اكبر من الممرات.

يفضل ان تكون الميول العرضية لمقطع الطريق عند حدها الأدنى في حالة السطوح الناعمة اما في حالة السطوح الخشنة يجب ان تكون هذه الميول عند حدها الأقصى لضمان صرف مياه الأمطار.

يأخذ سطح الطريق عدة اشكال وعدة حالات من الميول منها:

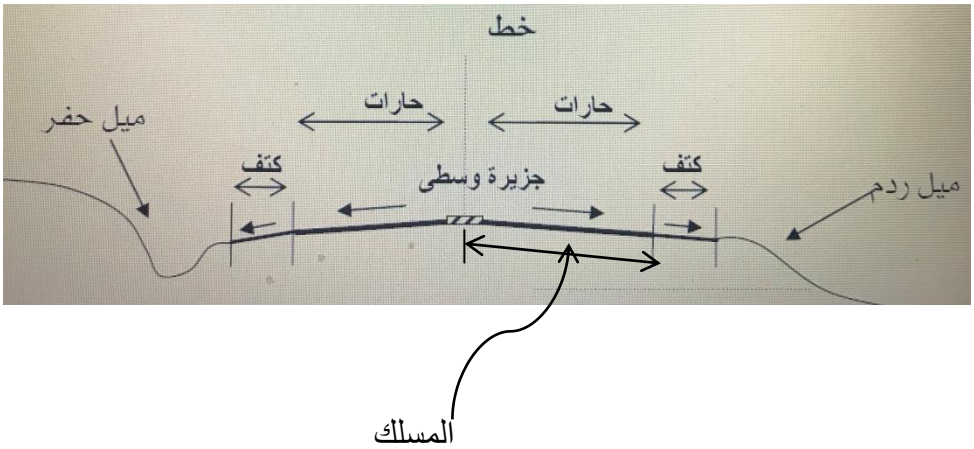
- الميول المنتظمة
- الميول المنحنية على شكل مكافئ.



الميول العرضية

٣. **المسلك**:

هو الجانب المعد للسير باتجاه واحد وقد يكون المسلك مكون من ممر واحد او يقسم المسلك حسب السعه المرورية الى عدة اجزاء يسمى كل جزء بالممر.



٤. **الممر (المسار او المسرب او الحارة)**:

الممر: هو الجزء المرصوف من الطريق والمخصص لسير صف واحد من المركبات ويعتبر الممر جزء من الأجزاء التي يقسم اليها المسلك باتجاه واحد.

للممر دور اساسي في:

- تسهيل القيادة
- وجعلها امنة

حيث يعتمد الموقف الذي يختاره السائق عند اجتيازه المركبات او عند مقابلته للمركبات القادمة على العرض المخصص للممر الذي يسير عليه.

تصميم عرض الممر يتوقف على:

- اهمية الطريق
- والسرعة التصميمية

لكي تكون القيادة سهلة وامنة فان المواصفات القياسية توصي على الا يقل العرض التصميمي للممر عن 3 م للطرق المحلية ولا يقل عن 3.75 م للطرق الرئيسية. ان الممر الواحد يستوعب عددا محددا من المركبات وكلما زاد هذا العدد (خاصه مركبات النقل) كلما قل انسياب المرور عليه، وعليه يستوجب زياده عدد الممرات لتسريع حركه المرور.

تنقسم الطرق من حيث عدد الممرات الى عدة اقسام، وحسب السعة المرورية الى:

- طرق بممر واحد كالطرق القروية التي تستوعب عددا محددا من المركبات فلا تحتاج الى اكثر من ممر واحد.
- طرق بممرين واحد للذهاب والآخر للإياب
- طرق بأكثر من ممر (ثلاث او اربع ممرات) تستخدم في حالة السير المكثف والسرعات العالية للمركبات.

بالإضافة الى الممرات الرئيسية في الطريق فهناك انواع اخرى من الممرات:

- ممر الصعود (حارة الصعود):هذا الممر مخصص لمركبات النقل التي تسير ببطيء اثناء الصعود حتى تسمح للمركبات الصغيرة بتجاوزها والشكل ادناه يوضح ممر الصعود.
- ممر التباطؤ وهو ممر جانبي تسلكه المركبات اثناء مغادرتها الطريق الرئيسي لتتمكن فيها من تخفيض سرعتها بدون ان تعرقل حركة المرور والشكل ادناه يوضح ممر تباطؤ.
- ممر التسارع: وهو ممر جانبي مخصص لدخول المركبات الى الطريق الرئيسي.

شكل (2-4): يوضح ممر تباطؤ (حارة تباطؤ)

شكل (2-5): يوضح ممر صعود (حارة صعود)

هناك طرق مقسومة بجزرة وسطى حيث يتألف الاتجاه الواحد منها من ممرين او ثلاث او اربع، الشكل ادناه يوضح طريق بأربع ممرات لكل اتجاه.

طريق بأربع ممرات لكل اتجاه

٥. **الاكتاف**:

وهي الأجزاء الجانبية من الطريق الواقعة بين الحافة الخارجية للممر المخصص لسير صف واحد من المركبات والحافة الداخلية لقناة صرف المياه كما موضح في الشكل ادناه.

يختلف عرض الكتف بحسب نوع واهمية الطريق فكلما كان مستوى الطريق عاليا زاد عرض الكتف.

في حالة الطرق السريعة يوصى بعمل اكتاف تتراوح عرضها بين 1.25 م كحد ادنى و3.60 م كحد اقصى ويجب ان تزود هذه الأكتاف بميول عرضية كافية لصرف المياه وتكون اكثر حدة من ميول ممرات المرور وتتراوح ما بين 2% و 5%.

نماذج من اكتاف الطريق

غالبا ما يتم انشاء الأكتاف من مواد اسفلتية اقل جوده من تلك التي تستعمل في رصف ممرات المرور وتزود الطرق بهذه الأكتاف لإيواء المركبات التي تتوقف بسبب العطل او في حالات الطوارئ ومن اهم منافع الأكتاف هي:

- تهيئ مكانا لوقوف السيارات المعطلة للحالات الطارئة وذلك لان وقوف السيارات على الجزء المرصوف من الطريق يكون سببا لوقوع الحوادث.
- تمكن السائق من الوقوف لفحص خريطته على الطريق.
- تمكن السائق من تفادي بعض الحوادث او تقلل من خطورتها.
- الاكتاف الواسعة تشعر بإفساح الطريق مما يزيد ارتياح السائق وتخفف من توتر اعصابه.
- تزيد مدى الرؤية في مناطق الحفر وتزيد من الأمان.
- تهيئ الأماكن اللازمة لمهمات الصيانة.
- تساعد على تصريف المياه من سطح الطريق.
- تستخدم لتوسيع الطريق في المستقبل.

انشاء الطرق

المحاضرة الثالثة

٦. العوارض

هي بروز او حافة قائمة تستخدم لتحديد عرض الرصف وبذلك تساعد السائقين على القيادة الأمنة.

يكون استخدام العوارض ضروريا بالنسبة للطرق الحضرية وثانويا للطرق الخلوية.

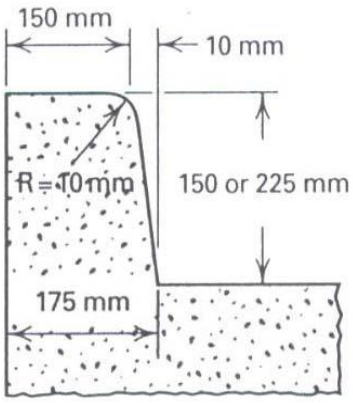
من فوائد العوارض:

- تحديد حافه الرصف.
- منع خروج السيارات من الرصف في النقاط الخطرة.
- تنظيم عملية صرف المياه السطحية.
- تحسين الشكل النهائي للطريق.

هنالك نوعان رئيسيان من العوارض:

- **العوارض الحاجزة**:

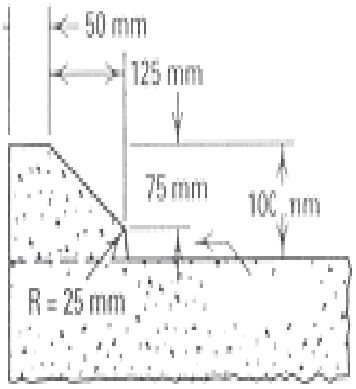
وهي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبيا عن مستوى الرصف لا يمكن صعودها وهي مصممة لمنع السيارات من الخروج عن الرصف ويتراوح طولها بين 15 الى 50 سم تقريبا. تستخدم العوارض الحاجزة في الجسور وارصفة الموانئ وارصفة المشاة.



نموذجا من عوارض حاجزة

- **العوارض الغاطسة**:

وهي عوارض سطحية منخفضة (سطح مائل لا يرتفع منسوبه عن منسوب الرصف الا قليلا) مصممة بحيث يسهل على المركبات اجتيازها دون ارتجاج عنيف او اختلال في القيادة. ويتراوح طولها من 10 سم الى 15 سم وميل الوجه 1:1 او 1:2، ومنها السطح المائل للانتقال التدريجي من سطح الرصف الى مداخل الكراجات.



نموذج من عوارض غاطسة

نموذج من عوارض غاطسة

٧. <u>الرصيف (ارصفة المشاة)</u>:

وهو الجزء المرتفع من الطريق والمحاذي له من الجانبين والمعد لسير المشاة . يعتبر رصيف المشاة جزءا ضروريا في حالة الطرق الحضرية وفي بعض الطرق الخلوية.

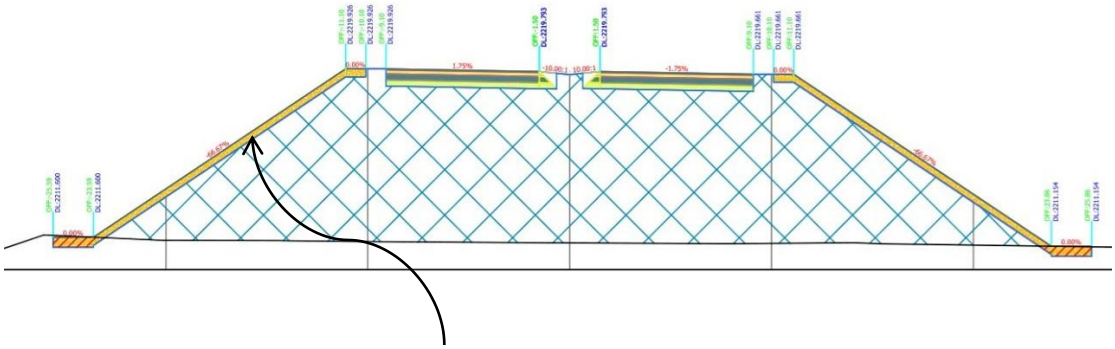
ينبغي الا يقل عرض الرصيف عن 1.5 م، ويعمل الرصيف من مواد تعطي سطحا ناعما ومستويا ويجب ان يكون سطح الرصيف مساويا في الجودة او احسن حالة من سطح الرصف المخصص لسير السيارات لجذب المشاة للسير عليه.

مقطع نموذجي لرصيف مشاة

٨. **الميول الجانبية**:

وهي الميول الخاصة بانحدار جانبي الطريق ويفضل ان تكون منبسطة قدر الإمكان لضمان الأمان والاستقرار للمركبة في حالة خروجها عن الطريق وعبورها على الميل، وكلما كانت الميول الجانبية مناسبة لطبيعة التربة كلما كان الطريق اكثر استقرار وثباتا.

ان الفائدة من الانحدارات الجانبية للطرق هي تخليص الطريق من الماء الفائض اثناء المطر.



الانحدار الجانبي

٩. **الجزرة الوسطى**:

تستخدم الجزرة الوسطية لفصل حركة المرور المعاكسة ويتراوح عرضها بين 1.25 و 2 م او اكثر حسب توفر المساحة والأموال .

يجب ان تكون الجزرة الوسطى واضحة للسير ومميزه في طبيعتها عن ممرات السير حتى يراها السائق ويميزها، ويستحسن جعلها عريضة كلما سمحت بذلك تضاريس الأرض والتكاليف.

نموذج لجزيرة وسطى

الجزرة الوسطى لها عدة فوائد اساسية اهمها:

- حماية المركبات في الاتجاه المعاكس من التصادم.

• التقليل من تأثير الأضواء الصادرة من المرور المعاكس ليلا.

• امكانية التحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات.

١٠.**محرمات الطريق**:

هي مسافة كبيرة من الارض تتراوح من (100-10) م، يمنع في هذه المسافة انشاء ابنية او غيرها من المنشآت.

الغرض منها:

- تخصص هذه المسافة لبناء وتوسيع الطريق في المستقبل.
- توفر الامان للمركبات .
- توفر فضاء مناسب لآليات ومعدات الانشاء والصيانة.

التصميم الانشائي للطريق (تصميم طبقات الرصف):

ان التصميم الإنشائي للطريق يهتم بتحديد خصائص الطبقات المكونة للطريق من حيث انواع هذه الطبقات (طبقة اساس او طبقة تحت الاساس او طبقة اسفلتية او طبقة اسمنتية) بالإضافة الى سمك هذه الطبقات، اعتمادا على حجم المرور (الكثافة المرورية) ونوع المركبات المتوقع مرورها على الطريق.

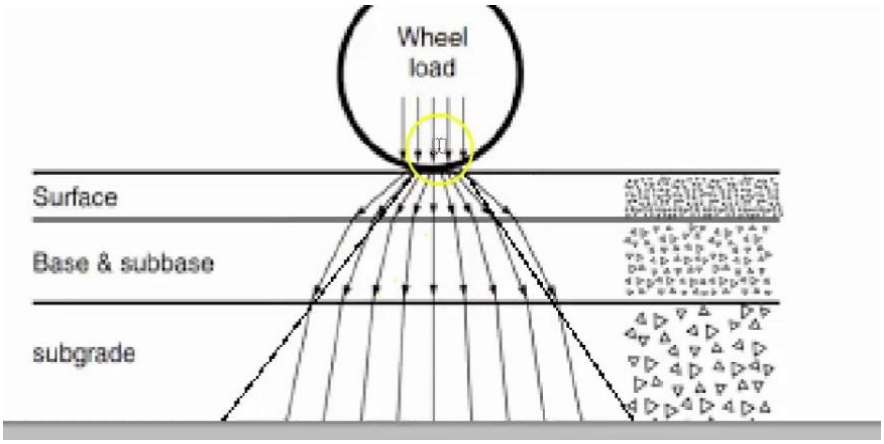
ان دور هذه الطبقات هو مقاومة الإجهادات الناتجة عن حركة المرور والإجهادات الأخرى الناتجة عن عوامل البيئة.

يتكون الطريق كغيره من المنشئات الهندسية من اساس ومنشأ فوقي. يعرف المنشأ الفوقي بالرصف وهو الجزء الظاهر من الطريق والذي تسير عليه عجلات المركبات.

ويتكون الرصف من عدد من الطبقات تختلف باختلاف نوع وأهمية الطريق ويمكن ان يتكون الرصف من طبقة واحدة فقط أو من طبقات عديدة من مواد تختلف في الجودة بين خليط من التربة العادية والركام الى الخرسانة الإسفلتية عالية الجودة أو حتى الخرسانة المسلحة مرورا بأنواع عديدة من التركيبات الركامية المثبتة او المعالجة بالمواد الرابطة المختلفة مثل الجير والإسمنت والأسفلت وغيرها.

اما الأساس فهو عبارة عن التربة الطبيعية والتي تكون بحالة حفر او ردم. من الضروري أن يكون الأساس قوي وقادر على تحمل الإجهادات المنتقلة اليه من الرصف ولذا يلزم في العادة رص التربة لتحسين خواصها وتقويتها بإضافة بعض

المواد المثبتة اليها، أو بتطبيق بعض الاساليب الميكانيكية مثل الدق او التحميل المسبق، أما إذا كانت التربة رديئة فيتم استبدالها بتربة أخرى ذات خواص جيدة. أما أهمية الرصف فتتمثل في نقل الأحمال الناتجة من حركة المرور على سطح الطريق الى طبقات الرصف المختلفة حتى يصل تأثيرها الى طبقة التربة التي يتوقف عليها مدى صلاحية الرصف وتحمله لهذه الأحمال أو الإجهادات وكلما زادت الأحمال المارة على الطريق كلما زاد سمك مادة (طبقات) الرصف والذي يتوقف بدوره على نوع تربة الأساس وقوة تحملها.



تصميم طبقات الطريق

<u>الغرض من تصميم الرصف</u>:

هو تحديد سمك طبقات الرصف المناسب الذي يجب ان يعلو طبقة الارض الطبيعية بحيث يعطي سمكا جيدا ومستويا تحت حركة المرور دون حدوث اي هبوط او انهيار.

<u>انواع الطرق</u>:

هناك نوعان من الطرق هما:

- الطرق الواطئة الكلفة
- الطرق العالية الكلفة

الطرق الواطئة الكلفة:

وهي طرق رخيصة الانشاء يتم اللجوء اليها في حالة:

١. عدم توفر السيولة النقدية الكافية.
٢. الكثافة المرورية قليلة.
٣. عدم الحاجة للصرف الكبير على هذه الطرق من الناحية الاقتصادية لإنشائها وفق المواصفات العالية الجودة كإكسائها بالخرسانة الاسفلتية او الخرسانة الاسمنتية.

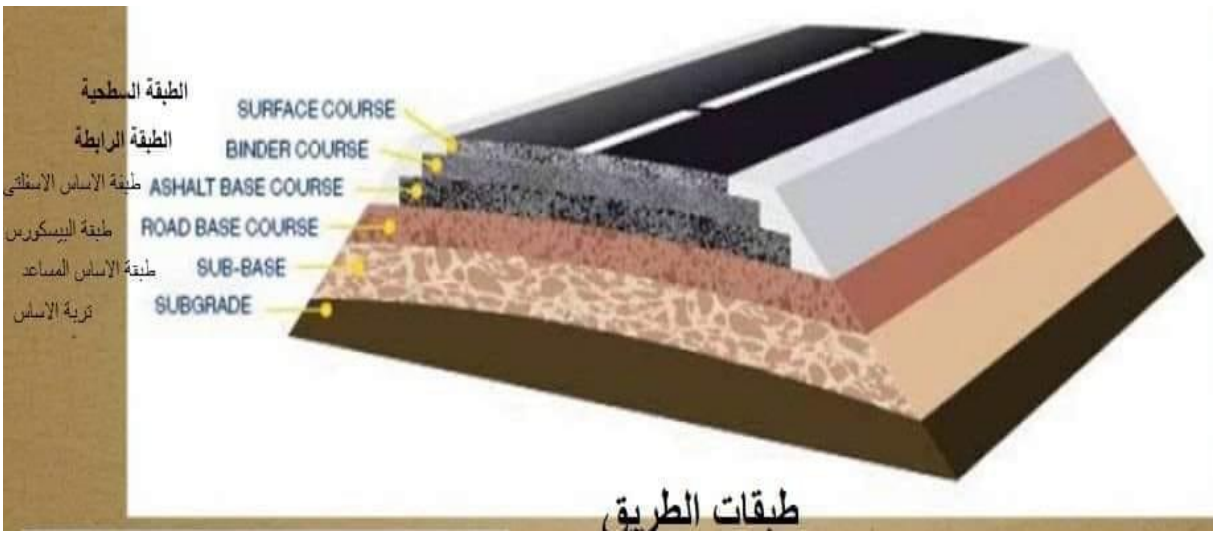
تقسم الطرق الواطئة الكلفة الى:

١. الطرق الترابية البسيطة.
٢. الطرق الحجرية.
٣. طرق الماكادام.

الطرق الترابية البسيطة:

الطريق الترابي هو المرحلة الاولى التي يعقبها المرحلة الثانية وهي اضافة طبقة الرصف السطحية كالخرسانة الاسفلتية او الخرسانة الاسمنتية والتي تنفذ بعد فترة تطول او تقصر حسب اهمية الطريق والامكانيات المادية المتوفرة.

يطلق على طريقة تنفيذ هذه الطرق بطريقة المراحل (رصف الطرق على مراحل)، لذلك يجب ان يتم تنفيذ الجزء الترابي من الطريق حسب المواصفات الهندسية لكي لا يتم اعادة او تكرار العمل مرة ثانية.



طبقات الطريق

تتصف الطرق الترابية:

- مولدة للغبار.
- تتحفر بسرعة لذلك هناك صعوبة في السيطرة على تعاريج الطريق والتواء سطحه.
- عرض الطريق متغير حسب الحاجة منه الا انه لا يقل عن 7.5 م للطرق القروية و 8 م للطرق داخل المدينة.

الخطوات المتبعة في تنفيذ الطرق الترابية:

١. اعداد الموقع اي ازالة كافة معوقات العمل كالمنشآت والاشجار والابنية وتستخدم لذلك مكائن كالشفلات والمقالع ثم تعدل الارض باستخدام المدرجات.

٢. تقوم فرق المساحة بتسقيط مسار الطريق وبتثبيت خط المركز وجانبيه باستعمال الاوتاد والشواخص وبمسافات ثابتة من (50-25) م .

٣. حدل التربة الطبيعية باستعمال حادلات ذات وزن (10-8) طن، بحيث تمر الحادلة على الاقل 6 مرات للوصول الى كثافة حدل لا تقل عن 90% من الكثافة الجافة العظمى.

٤. فرش طبقات الدفن بحيث لا يزيد سمك طبقات الدفن عن 20 سم وان لا تفرش الطبقة الجديدة فوق الطبقة الاولى الا بعد ان يتم فحص درجة الحدل لها.

٥. يتم حساب درجة الرطوبة المثلى لتربة الدفن مختبريا ويحدد مقدار الماء الواجب اضافته للتربة اثناء الفرش للوصول الى الرطوبة العظمى المثالية للأغراض الدفن.

٦. تستمر عملية اضافة التربة ورشها بالماء وحدلها وفحصها مختبريا الى ان يتم الوصول الى المنسوب النهائي المقترح للطريق.

٧. يمكن افتتاح الطريق بعد ان يجف ماءه بعد يوم او يومين ليكون صالحا للاستعمال.

انشاء الطرق

المحاضرة الرابعة

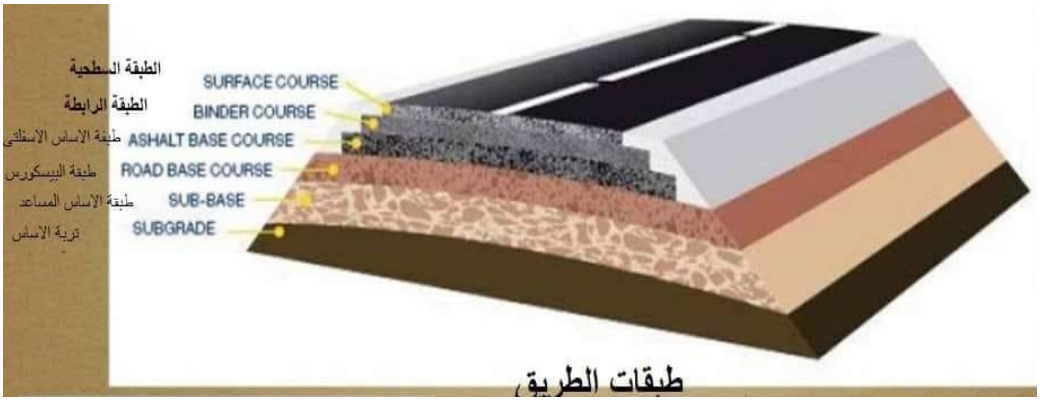
تقسم الطرق الواطئة الكلفة الى:

١. الطرق الترابية البسيطة.
٢. الطرق الحجرية.
٣. طرق المكادام.

١. الطرق الترابية البسيطة:

الطريق الترابي هو المرحلة الاولى التي يعقبها المرحلة الثانية وهي اضافة طبقة الرصف السطحية كالخرسانة الاسفلتية او الخرسانة الاسمنتية والتي تنفذ بعد فترة تطول او تقصر حسب اهمية الطريق والامكانيات المادية المتوفرة.

يطلق على طريقة تنفيذ هذه الطرق بطريقة المراحل (رصف الطرق على مراحل)، لذلك يجب ان يتم تنفيذ الجزء الترابي من الطريق حسب المواصفات الهندسية لكي لا يتم اعادة او تكرار العمل مرة ثانية.



طبقات الطريق

٢. الطرق الحجرية:

تستخدم الاحجار المكسرة او الحصى الكبير التدرج لإنشاء هذه الطرق، تتحمل هذه الطرق اوزانا وحجوم مرورية اكثر من الطرق الترابية.

توجد طريقتان لإنشاء الطرق الحجرية:

- **النوع المقيد**:

حيث تعمل حفرة بالأرض (تشبه الصندوق) بعمق لا يقل عن 50 سم وبعرض 7 م ثم تملئ بالأحجار المكسرة او الحصى المكسر.

- **النوع السطحي**:

تقشط التربة الطبيعية وتعدل ثم تفرش عليها الاحجار المكسرة او الحصى المكسر.

النوع المقيد يكون افضل من النوع السطحي لان الاحجار المكسرة والحصى محصورة من الجانبين وبذلك يكون النوع المقيد اكثر استقرارا.

٣. **طرق المكادام**:

١) المكادام المائي.
٢) المكادام الاسفلتي.

المكادام المائي:

وهو عبارة عن طبقة من الاحجار المكسرة والمتداخلة مع بعضها بتأثير عملية الحدل وحركة المرور.

خطوات تنفيذ المكادام المائي:

- تجهيز الارض الطبيعية من حيث قشط الطبقة السطحية وازالة المناطق الضعيفة وحدلها بالحادلات.

في حالة كون منسوب الطريق اعلى من منسوب الارض الطبيعية تتم عملية فرش طبقات الدفن للوصول الى المنسوب المطلوب.

- فرش طبقة من الاحجار المكسرة او الحصى المكسر بسمك لا يزيد عن (15-12) سم للطبقة الواحدة، واذا كان السمك الكلي للمكادام اكبر من ذلك فإنها تنفذ على اكثر من طبقة حسب المنسوب النهائي للطريق.

يفضل ان تكون الحجارة ذات حافات حادة (غير مستديرة) وخشنة الملمس غير ناعمة لضمان تداخل الحبيبات مع بعضها البعض.

- بعد عملية فرش طبقة من الاحجار المكسرة تبدا عملية الحدل الجاف بواسطة الحادلات الحديدية وبوزن من (10-6) طن. ان الحدل الجاف يؤدي الى تكسر حافات ونتوءات الاحجار وبالتالي يتكون مسحوق (ناتج من تكسر حافات الاحجار نتيجة الحدل الجاف) يعمل على ملئ الفراغات الكبيرة بين الاحجار المكسرة وبالتالي تزداد عملية التداخل والربط بين الاحجار المكسرة.

- بعد انتهاء الحدل الجاف للأحجار المكسرة يتم فرش طبقة من المواد المالئة (الرابطة) لغرض ملئ الفراغات المتبقية بين الاحجار المكسرة حيث تعمل هذه المواد على ملئ الفراغات المتبقية بعد عملية الحدل الجاف. (من المواد المالئة الناعمة مسحوق حجر الكلس (النورة) او الاسمنت).

- بعد اضافة المواد المالئة (مسحوق حجر الكلس (النورة) او الاسمنت) الى الاحجار المكسرة تبدا عملية الحدل ثانية واثناء الحدل يرش الماء على الاحجار المكسرة والمواد المالئة لضمان تداخلها وتغطية جميع الفراغات الموجودة بين الحجارة، بعد ذلك يعاد فرش مسحوق المواد المالئة لعدة مرات مع رشها بالماء وحدلها للوصول الى درجة عالية من الاستقرار والثبات والتداخل المطلوب.

- يترك الطريق لمدة يومين ليجف ماءه ثم يفرش عليه طبقة خفيفة من الرمل (1) سم ويرش بالماء قليلا ويحدل ليصبح الطريق مسطحا ومستويا لمرور المركبات وبعدها يفتح الطريق للاستخدام.

لا يفضل استخدام المكادام المائي كطبقة سطحية وذلك لان هذا السطح يتأكل ويتفكك بسرعة نتيجة مرور المركبات عليه. بينما يعتبر المكادام المائي طبقة اساس جيدة بحيث يتم تغطيتها بطبقة من الخرسانة الاسفلتية (رصف اسفلتي) او الخرسانة الاسمنتية (رصف اسمنتي).

المكادام الاسفلتي:

هذه الطرق مشابهة لطرق المكادام المائي الا انه يستعاض عن الماء استخدام الاسفلت.

ان استخدام الاسفلت له فوائد:

- دفع المواد الناعمة بين فراغات الحجارة (الاسفلت يكون سائل بدرجة حرارة معينة).
- بعد نفوذ الاسفلت بين الفراغات يصبح (الاسفلت) بعد انخفاض درجة حرارته مادة رابطة (ماسكة) للمواد الناعمة والحجارة.
- يكسب سطح الطريق استواءً جيدا.
- يمنع تطاير الغبار من الطريق عند مرور المركبات.
- مانع للرطوبة السطحية.
- يقلل من سمك الرصف الكلي للطريق وزيادة استقرار الطريق.

الطرق العالية الكلفة:

- الرصف الاسمنتي

- الرصف الاسفلتي
- الرصف الاسفلتي ذو العمق التام
- الرصف المركب.

الرصف الاسمنتي:

رصف الطرق بالخرسانة الاسمنتية ينقسم الى:

١. **المكادام الاسمنتي**:

هو عملية رصف الطرق باستخدام الاحجار المكسرة (لا يقل حجم الحبيبات عن 25 ملم)، حيث تفرش طبقة من الاحجار المكسرة على سطح التربة الاصلية وتتم عملية الرص بشكل جاف بحيث يقل السمك الى 80% بعد الرص، بعد ذلك يتم سكب المونة الاسمنتية (الاسمنت والرمل والماء) على السطح بحيث تتخلل طبقة الاحجار المكسرة.

٢. **خلطة خرسانية قليلة الاسمنت**:

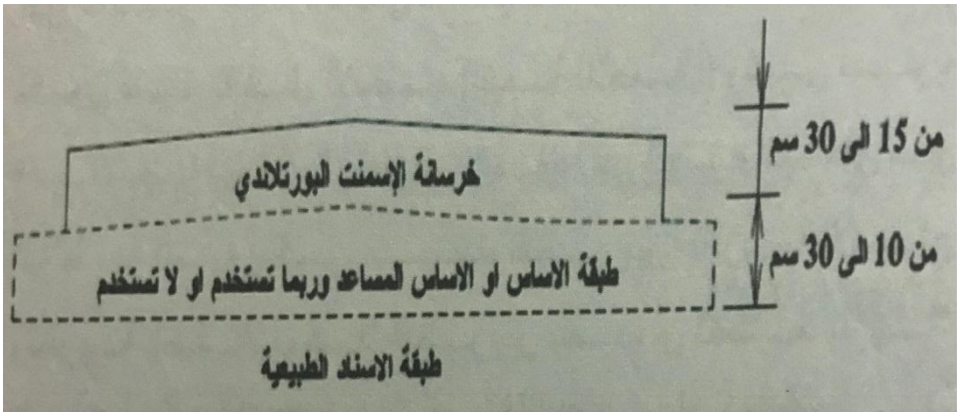
تتم عملية الرصف بفرش طبقة من (الاحجار المكسرة ورمل واسمنت وماء) على سطح التربة او طبقة تحت الاساس، بعد ذلك يتم الرص قبل تماسك الاسمنت ثم يتم ترطيب (انضاج) الخرسانة بعد ذلك.

ان طريقة الرصف باستخدام كل من المكادام الاسمنتي والخلطة قليلة الاسمنت تكون عملية فقط كطبقة اساس اولى.

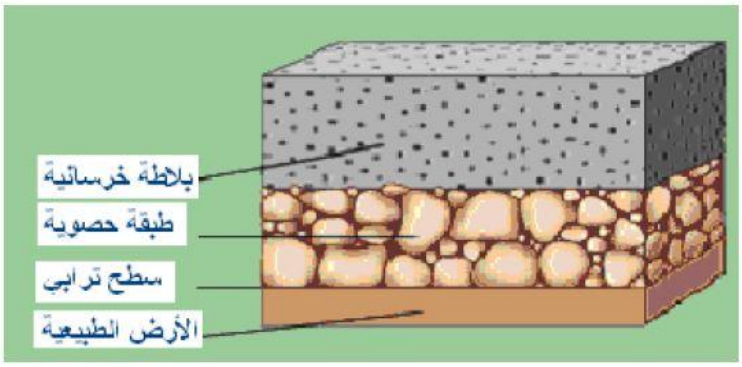
٣. **الرصف الصلب باستخدام الخرسانة الاسمنتية (بلاطة خرسانية)**:

تعمل البلاطة الخرسانية كطبقة سطح وطبقة اساس اولى.

يتكون الرصف الصلب من بلاطات خرسانية يتراوح سمكها من (15-30) سم وطولها يتراوح ما بين (5-30) م في الخرسانة الاعتيادية وقد تصل الى 300 م في الخرسانة المسلحة. ان العامل الاهم في تصميم الرصف الصلب هو صلابة البلاطة الخرسانية.



توضع البلاطة الخرسانية (خرسانة الاسمنت) اما مباشرة على طبقة التربة الطبيعية المعدة سابقا (قشط الطبقة السطحية، تحسين التربة بالرص او الاستبدال، دراسة خواص التربة، فرش طبقات الدفن حسب المنسوب النهائي للطريق مع الرص وفحص نسبة الحدل (الكثافة) و المحتوى المائي) او توضع البلاطة الخرسانية على طبقة واحدة من المواد المثبتة (الاسمنت او الاسفلت) او الحبيبية (الحجر المكسر او الحصى المكسر)، ولان هناك طبقة واحدة من المواد تحت البلاطة الخرسانية وفوق الارض الطبيعية فان البعض يدعوها طبقة اساس والبعض الاخر يدعوها تحت الاساس.



رصف صلب (بلاطة خرسانية)

هناك طريقتان لصب البلاطة الخرسانية:

- صب تبادلي
- صب مستمر

الصب التبادلي:

في هذا النوع يتم صب بلاطة وتترك الثانية بدون صب ثم تصب الثالثة وهكذا ثم بعد مضي اسبوع يتم صب باقي البلاطات. في هذه الطريقة يسهل صب البلاطات كما ان عمل المفاصل يصبح اسهل.

1	
	2
3	
	4
5	

من عيوب هذه الطريقة:

- عمل مفاصل عرضية كثيرة وهذا يرفع من كلفة الانشاء ويقلل من سلامة الطريق.
- تتجمع الامطار في الاماكن الغير مصبوبة بين البلاطات المصبوبة.
- يتم العمل بكل قطاع الطريق مما يستلزم غلقه تماما.

- **الصب المستمر**:

في حالة الصب المستمر يتم صب جميع البلاطات المتتابعة مرة واحدة وهكذا يتم عمل المفاصل الانشائية عند نهاية عمل كل يوم. هذه الطريقة مفضلة لان النصف الثاني للطريق يمكن فتحه امام حركة المرور.

1	
2	
3	
4	
5	

المواد المطلوبة لرصف البلاطات الخرسانية:

- الاسمنت البورتلاندي الاعتيادي.
- ماء
- احجار مكسرة خشنة او حصى.
- احجار مكسرة ناعمة او رمل.
- حديد تسليح اما قضبان (اسياخ حديد) او حصائر تسليح في حالة البلاطة المسلحة.

قد توضع البلاطات الخرسانية مباشرة فوق التربة المثبتة، حيث تعتبر التربة المثبتة طبقة اساس تحت البلاطة الخرسانية.

اذا كانت التربة الاصلية ضعيفة يتطلب الامر انشاء طبقة اساس او طبقتين من الاحجار المكسرة او خرسانة ضعيفة او مكادام مائي وهذا يقلل بدوره من سمك طبقة الخرسانة الاسمنتية (البلاطة الخرسانية).

اسلوب تنفيذ الرصف الصلب:

١. **تهيئة طبقة الاساس او تحت الاساس**:

والتي تكون عادة من الحصى الخابط (السبيس) وحسب المواصفات وخصوصا في نوعية المواد ودرجة الحدل.

٢. **تثبيت القوالب**:

تثبت القوالب المصنوعة من مواد خشبية او معدنية لمقومة ضغط الخرسانة والاهتزاز. توضع هذه القوالب بشكل عمودي وتكون مدهونة.

٣. **الخلط والنقل**:

ان الخباطات المركزية للخلط والخباطات المحمولة على شاحنات للنقل من افضل المعدات لعملية الخلط والنقل. عند نقل الخرسانة لا بد من المحافظة على نسبة الخلط من دون حصول فصل (انعزال) لمكونات الخرسانة.

٤. **صب الخرسانة وانهاء الخرسانة**:

١) ينبغي ايصال الخرسانة بدون اي تأخير الى موقع الصب بعد الخلط مباشرة.
٢) ان درجة الحرارة للخرسانة عند الصب يجب ان لا تزيد عن 30 م^{o} ولا تقل عن 5 م^{o} بموجب المواصفات العراقية.

اذا كانت درجة الحرارة اعلى من المسموح اعلى من 30 م^{o} فيجب:

- اضافة قطع ثلجية (تكون مذابة وقت وضعها في الخلاط).
- تبريد الركام الخشن (الحصى) بواسطة الماء.
- سحب الحصى والرمل من الاسفل بدلا من السطح المعرض للحرارة.

اذا كانت درجة الحرارة عند صب الخرسانة اقل من 5 م^{o}:

- يجب تسخين الحصى والرمل.

٣) اذا كانت عملية فرش الخرسانة يدويا فانه يتم فرش طبقة اولى ثم طبقة تسوية على ان تتم عملية الرص وتعديل السطح بأسرع ما يمكن.
٤) اذا كانت عملية صب الخرسانة ميكانيكيا فتوجد مكائن تسير على حافة القوالب الحديدية وتقوم بمهمة فرش ورص وتعديل الخرسانة ولهذه المكائن القابلية على الحركة على اطارات وخصوصا عند الانتهاء من صب الخط الاول والابتداء في الخط الثاني المجاور.

٥) قد تقوم عدة مكائن بعملية صب ورص الخرسانة ومكائن اخرى تسير خلفها لإنهاء سطح الخرسانة.
٦) اذا كان الطريق الخرساني مكون من طبقتين من الخرسانة تفرش الطبقة الاولى ثم بعد 30 دقيقة تفرش الطبقة الثانية.
٧) بعد الانتهاء من تعديل الخرسانة تنفذ المفاصل العرضية والتي تكون على مسافات معينة وتنفذ مفاصل طولية في حالة عرض الطريق يتجاوز 6 م.

٥. **الانضاج**:

ان عملية الانضاج تبدا حالما تستطيع الخرسانة تحمل وزن اغطية النايلون المبللة ودون ان تترك اثر لذلك.

ان عملية الانضاج الاولى تستمر لمدة 24 ساعة وخلال عملية الانضاج يجب ان يكون سطح الخرسانة مرطب بالماء ولمدة لا تقل عن 14 يوم. كما ان الطريق لا يفتح لحركة المرور قبل 28 يوم.

٦. **تنظيف الطريق وملئ المفاصل**:

بعد عملية الانضاج ينظف الطريق من الرمل والاتربة وتملا المفاصل العرضية والطولية بمواد مرنة مالئة.

تملا المفاصل بمادة قابلة للانضغاط ولا تخرج من مكانها وتختم بمادة تمنع دخول الاحجار والمياه والمخلفات التي تسبب في تكسر حافات المفاصل.

المواد التي تستعمل لملىء المفاصل:

- الاسفلت الماستك ويتكون الخليط من اسفلت ورمل ناعم جدا واسمنت.
- الفلين.
- الواح خشبية لينة قابلة للانضغاط.

الشروط التي يجب ان تتوفر في مواد ملئ المفاصل:

- لا تلين بسهولة في الجو الحار.
- قابلة للتمدد والتقلص.
- ذات تماسك مع خرسانة الرصف.

انشاء الطرق

المحاضرة الخامسة

الرصف (التبليط):

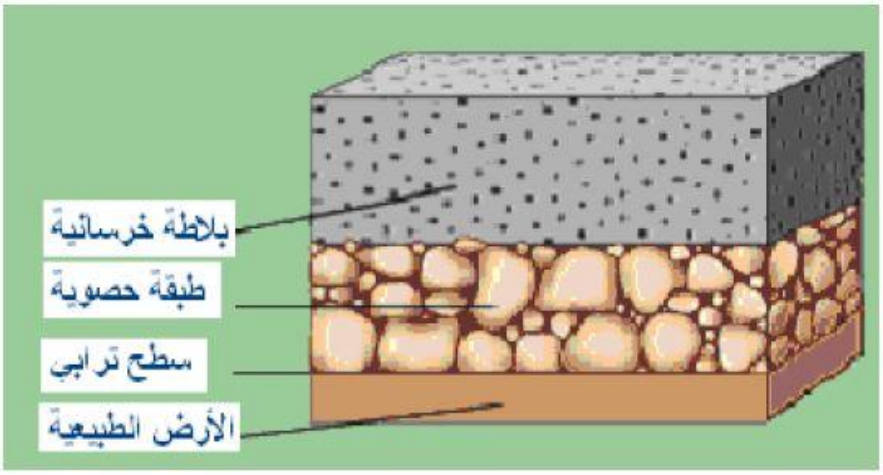
ان المركبات الثقيلة وحركة المرور السريعة على الطرق تتطلب ان يكون لهذه الطرق غطاء مناسب فوق التربة الطبيعية لإعطائها طبقة سطحية صلبة وتوزيع الاثقال بصورة جيدة، يدعى هذا الغطاء بالتبليط (الرصف).

يصمم هذا الغطاء بحيث يصمد امام التأكل الذي تسببه حركة المرور ويكون قادرا على توزيع الاثقال ضمن قابلية التحمل للتربة التي تحته من دون احداث اجهاد مفرط.

انواع الرصف:

١) الرصف الصلب

الرصف الصلب عبارة عن بلاطات خرسانية توضع مباشرة فوق طبقة التربة الطبيعية (المعدة سابقا) او على طبقة واحدة من المواد المثبتة او الحبيبية. ولان هناك طبقة واحدة من المواد تحت البلاطة الخرسانية وفوق الارض الطبيعية فان البعض يدعوها طبقة الاساس والبعض الاخر يدعوها طبقة تحت الاساس.

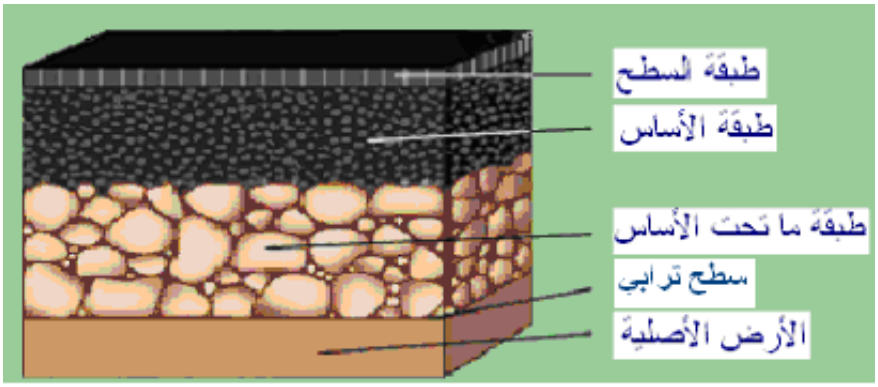


الرصف الصلب

٢) الرصف المرن

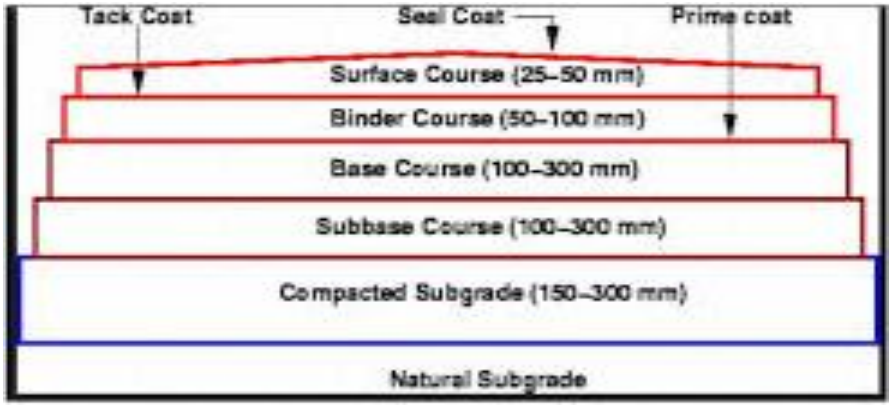
يعد هذا النوع من الرصف الاكثر استخداما، ويطلق عليه ايضا بالرصف الأسفلتي، ويعرف هذا النوع احيانا بإسم الخلطة الاسفلتية الحارة او بإسم الخرسانة الاسفلتية.

انشأت الطرق المرنة من الاسفلت والمواد الحبيبية، وان اول طبقة تبليط (رصف) اسفلتي كانت خلطة ساخنة من الاسفلت مع ركام نظيف متدرج ذي زوايا (مكسر) ومواد مالئة وكانت قد فرشت في شارع بنسلفانيا في واشنطن وباستخدام اسفلت جلب من بحيرة ترينيداد.



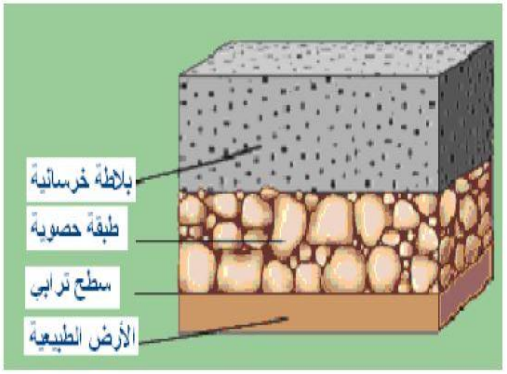
الرصف المرن

ان الرصف المرن يمكن ان يحلل بواسطة عدة نظريات منها نظرية طبقات بيرمستر، حيث ان المحددات الرئيسية لهذه النظرية تستند على افتراض ان الطبقات عبارة عن منظومة غير منتهية في امتداد حقيقي وان تطبيقها ممكن على الرصف الاسفلتي على المساحة المحددة للإجهادات الموزعة خلال المواد المرنة طالما ان حمل الاطار يبعد بمسافة اكثر من 61 سم (2 قدم) من حافة الطريق وذلك لان عدم الاستمرارية عند حافة الطريق لها تأثير قليل جدا عند الاجهادات والانفعالات الحرجة.

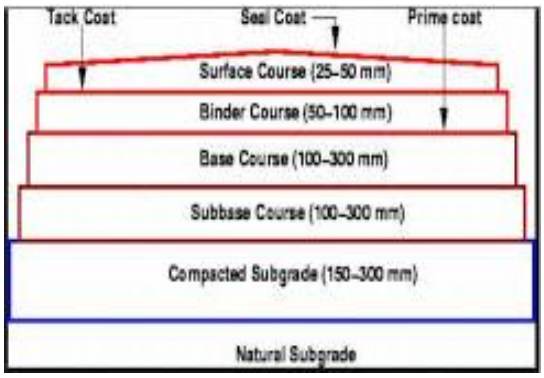


طبقات الرصف المرن

بينما الرصف الصلب يمكن ان يحلل رياضيا باستخدام نظرية الالواح بدلا من نظرية الطبقات. ان نظرية الالواح هي نموذج او نمط مبسط من نظرية الطبقات والتي تفترض بان بلاطة خرسانة الاسمنت البورتلاندي عبارة عن صفيحة ذات سمك معتدل والتي تكون مستوية قبل الانحناء (نتيجة الاحمال) وتبقى مستوية بعد الانحناء.



الرصف الصلب



الرصف المرن

اذا كان حمل الاطار مسلطا او موجودا على حافة الرصف الصلب على مسافة ولتكن اقل من (61 سم اي 2 قدم) من الحافة فان نظرية الالواح يمكن تطبيقها في الرصف الصلب. ان السبب في ان نظرية الطبقات يمكن تطبيقها في الرصف المرن ولا يمكن تطبيقها في الرصف الصلب هو ان خرسانة الاسمنت البورتلاندي تكون اكثر صلابة من خلطة الاسفلت الساخن ويتم بها توزيع الحمل الى مساحة اكثر اتساعا، لذلك فان المسافة (61 سم اي 2 قدم) من الحافة تعتبر بعيدة تماما في الرصف المرن ولكنها ليست كذلك في الرصف الصلب، كما ان وجود المفاصل في الرصف الصلب يجعل من غير الممكن تطبيق نظرية الطبقات.

الرصف الاسفلتي التقليدي:

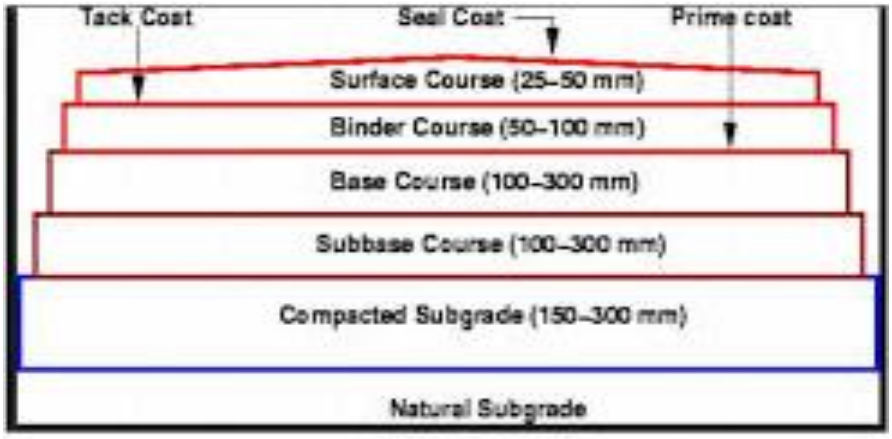
يتكون الرصف الاسفلتي التقليدي من مجموعة من الطبقات باستخدام افضل المواد (ذات النوعية العالية الجودة) في الاعلى لان شدة الاجهادات تكون عالية وتستخدم المواد ذات النوعية الاقل جودة في الطبقات السفلى حيث ان شدة الاجهادات تكون منخفضة.

ان الالتزام بمبادئ التصميم تجعل من المناسب استخدام المواد المتوفرة محليا وهذا يؤدي الى تحقيق تصميم اقتصادي مناسب.

يتكون هذا النوع من الرصف (التبليط) عادة من الطبقات التالية من اعلى طبقة في الطريق الى اسفل طبقة:

١. طبقة الاسناد الطبيعية.	Natural Subgrade
٢. طبقة الاسناد الترابي المرصوص.	Compacted Subgrade
٣. طبقة تحت الاساس او الاساس المساعد.	Sub base Course
٤. طبقة الاساس.	Base Course
٥. الطلاء الاساسي.	Prime Coat
٦. الطبقة الرابطة	Binder Course

٧. طلاء الالصاق Tack Coat
٨. الطبقة السطحية. Surface Course
٩. طلاء الختم. Seal Coat



الطبقات في الرصف المرن

طبقة الاسناد الترابي:

وهي طبقة الأرض الطبيعية التي يتم وضع طبقات الرصف عليها بعد تمهيدها وتسويتها وتعتبر التربة الأصلية الأساس الحقيقي لسطح الطريق حيث انها القاعدة الأساسية التي ترتكز عليها جميع طبقات الرصف.

في الغالب تكون طبقة الاسناد الترابي هي التربة الطبيعية في الموقع التي تم تعريضها بواسطة الحفر او تكونت بواسطة الردم (الدفن)، هي الطبقة النهائية التي تنتقل اليها الاجهادات الناتجة من الاحمال المسلطة على سطح الرصف.

يتم في بعض الاحيان تحسين خواص التربة الطبيعية عن طريق الرص او التثبيت او تستبدل احيانا بتربة اخرى ذات خواص افضل يتم جلبها من موقع اخر.

بما ان طبقة الاسناد الترابي هي المسؤولة عن تحمل الاجهادات النهائية، فلا بد من دراسة خواص التربة للتأكد من ثباتها وصلاحيتها لمواجهة (مقاومة) الاجهادات وعدم حدوث انهيارات او هبوط في سطح طبقة الاسناد الترابي.

السطح الترابي (الاسناد الترابي المرصوص):

يكون تحت طبقة تحت الأساس او الاساس المساعد ويجب ان يرص السطح جيدا وان يكون مستويا حسب المناسيب.

طبقة التدريج:

غالبا ما يكون منسوب الطرق اعلى من منسوب الارض الطبيعية لذلك تحتاج الطرق الى تعلية ترابية.

يتم اخذ الاتربة من المقالع الترابية او من حفر الاستعارة القريبة من الموقع وتفرش على شكل طبقات لا يتجاوز سمك الطبقة الواحدة 15 سم ونسبة حدل لا تقل عن 92%.

تعتبر طبقة التدريج هي الجزء العلوي او الطبقة الاخيرة من اعمال التعلية الترابية وغالبا ما تعتبر الـ (0.5) الاخير من طبقة الارض الطبيعية وهي الطبقة التي يتم وضع طبقات الرصف عليها.

نسبة الكثافة الحقلية (الموقعية) لطبقة التدريج لا تقل عن (95-98%) من الكثافة الجافة العظمى (المختبرية).

$$\text{نسبة الحدل} = \frac{\text{الكثافة الجافة(الحقلية)}}{\text{الكثافة الجافة العظمى المختبرية}} \times 100\%$$

نسبة التحمل الكالفورني (CBR) لطبقة التدريج اكبر من 20%.

نسبة التحمل الكالفورني:

هو فحص يستخدم لإيجاد وتحديد استقرارية ونوعية التربة المستخدمة في الرصف حيث تؤخذ تربة وتوضع في قالب قياسي بعد رصها على شكل طبقات، بعد ذلك يتم تعريضها الى قوة انضغاط تسبب اختراق مكبس وتسجل القوة اللازمة لاختراق مقداره 2.5 ملم للتربة بالنيوتن وتقسم على القوة التي تسبب هذا الاختراق بالحجر الكالفورني 6900 نيوتن وكذلك بنفس الحال لاختراق 5 ملم.

$$\text{CBR} = \frac{\text{القوة اللازمة لاختراق مقداره 2.5 ملم للتربة نت}}{\text{6900 نت}} \times 100\%$$