المقدمة

يعتقد أن الطرق بدأت مع السيارات في نهاية القرن الثامن عشر ميلادي، ولكن في الحقيقة إن فتح وتمهيد الطرق بدأ قبل ذلك بكثير، حيث بينت الدراسات إن أول طريق بسطح مستوى وقوي عرف في ميزوبوتامبا بعد اكتشاف العجلة عام 350 ق.م ، وبعد ذلك بدأ تطور الطرق ، حيث عرف طريق آخر أنشأ بالحجارة في جزيرة كريست بتاريخ 500 س.ق.م ، كما أن الرومان اعتمدوا على الطريق في بناء حضارتهم وبدأوا بإنشاء الطرق التي تنطلق من روما لاتجاهات مختلفة، واشتهرت الطرق الرومانية من حيث بناءها على أسس فنية فنجد أن الطرق كانت تتكون من ثلاث طبقات.

نجد أيضاً الحجارة الأشورية والحضارة المصرية والحضارة الرومانية والحضارة الصينية، وقديماً كان تنفيذ الطلاق يتم باستخدام الحجارة والطين ، حيث لم يكتشف استخدام الإسفلت في بناء الطرق، أما مادة الإسفلت فقد عرفت بفترة كبيرة قبل أن تستخدم في إنشاء الطرق.

نجد أن اول طريق منذ الخلطات الإسفلتية تم تنفيذه في نيويورك، وبعد ذلك تطورت أنواع الخلطات الإسفلتية بشكل كبير وكذلك تطورت أنواع الطرق، فظهرت الطرق على شكل تقاطعات بأنواعها المختلفة وكذلك على شكل كباري وصبحت العديد من البلاد تربط بينها الطرق ولذلك أصبح النقل البري ينافس النقل الجوي والبحري.

1-1 أهمية الطرق بالسودان:

يتمتع السودان بمناخ استوائي قاري وفي السنوات الأخيرة أصبح السودان من الدول المصدرة للنفط وملحقاتها، ومع هذا التطور كان لابد من الاهتمام بمجال النقل

عموماً والنقل البري بشكل خاص، فالنقل البري يربط مناطق الإنتاج بمناطق الاستهلاك، وهي تمثل أهم أنواع النقل بالسودان ونجد أنه أصبح من الضروري أن تكون الطرق على درجة آلية من الدفة في التصميم والتشييد.

ونجد أن الطرق تعتبر عنصر استراتيجي في تنمية المجتمعات فهي تؤثر فيها اقتصادياً وسياسياً وثقافياًن فكلما كانت الطرق متوفرة كانت وسائل الربط بين المجتمعات سهلة.

1-2 تعريف الطرق:-

تعرف الطرق على أنها عبارة عن خطوط مستقيمة في اتجاهات مختلفة لتحديد المسارات ويتم الربط بين تلك الخطوط بمنحنيات.

وقد عرف قانون حركة المرور السوداني الطريق على أنه اي طريق مفتوح لمرور الجمهور عامة ويشمل الجسور التي يمر فوقها الطريق والأرصفة وساحات السكك الحديدية وأماكن الانتظار وأرصفة الموانئ. مما يكون مباح لمرور الجمهور عامة ووسائل النقل والمشاة.

1-3 أنواع الطرق:

تشمل أنظمة الطرق أنواع ودرجات متعددة من الطرق تختلف مسمياتها بحسب أهميتها وسعتها والأداء الذي تؤديه والغرض الذي أنشئت من أجله وتتدرج مختلفة أنواع الطرق من ذات السرعة العالية والحجم الكبير إلى الشوارع المحلية بالمناطق الخلوية التي تحمل حركة مرورية قليلة ، وقد تختلف التسميات والمصطلحات المستعلة لتعريف أنواع الطرق من دولة إلى أخرى حسب الأنظمة المتبعة غلا أنه يمكن تلخيصها في أربعة أقسام رئيسية وهي:

1/ الطرق السريعة:

وهي طرق شريانية مخصصة لخدمة المرور الطولي العابر بين المدن المتوسطة والمدن الكبرى ويسمح فيها بسرعات عالية للعربات ويكون حجم المرور فيها مرتفعاً جداً. وغالباً ما يمنع التقاطع السطحي مع هذا النوع من الطرق وكذلك الاتصال المباشر مع الممتلكات المجاورة. ويتم تحديد الدخول والخروج من وإلى هذه الطرق من خلال نقاط محددة بحيث تدخل العربات تدريجياً دون أن تسبب أي خطر على السيارات المتواجدة.

2/ الطرق الرئيسية:

وهي طرق شريانية سريعة تستخدم للمرور الطولي العابر بين المناطق المختلفة والمدن ويسمح فيها بالتقاطع السطحي وبالاتصال المباشر مع الممتلكات المجاورة.

3/ شوارع التجمع:

وتستعمل هذه الطرق لربط شبكات الطرق الرئيسية مع الشوارع المحلية.

4/ شوارع محلية:

وهي طرق داخلية تستعمل أساساً لخدمة المرور المحلي وربط مواقع السكن أو الأعمال أو الممتلكات المجاورة.

1-4 مشكلة البحث:

تعد الطرق من أهم وسائل التطور العمراني والمدني والت يتدل على مدى تحضر المجتمع فكان لابد من الاهتمام بجانب التصميم الإنشائي لطبقات رصف الطرق.

وتكمن مشكلة البحث في الوصول إلى تصميم إنشائي سليم لسمك طبقات الرصف يخدم حركة المرور طيلة العمر التصميمي (20) سنة.

1-5 الأهداف:

(1) التعرف إلى تاريخ ونشأة الطرق وأنواعها وأهمية الطرق في السودان.

(2) التعرف إلى طرق تصميم الرصف المرن بصفة عامة وعلى طريقة التصميم بالمذكرة البريطانية (RN-31).

(3) التعرف على طرق الحصر المروري وتطبيق طريقة الحصر اليدوي.

(4) تطبيق التجارب المعملية التي تدخل في عمليات التصميم وكيفية إجراء هذه التجارب.

(5) تطبيق التصميم بطريقة المذكرة البريطانية واختيار البديل المناسب.

1-6 منطقة الدراسة:

الطريق يقع في ولاية الخرطوم في منطقة أم درمان وهو الطريق الرابط بين طريق {ليبيا بالخلاء} وطريق {أمدرمان الحلقي} ويبلغ طوله 3 كيلو متر، ويمر به أنوع عديدة من المركبات من شاحنات وحافلات وعربات صغيرة.

الباب الثاني

الإطار النظري

2-1: التصميم الإنشائي للطرق:

أن التصميم الإنشائي لطريق يعني تصميم طبقات الرصف للطريق التي تستقبل الغزارات المرورية العالية من حركة المرور وحيث يكون دور هذه الطبقات هو مقاومة الإجهادات الناتجة من هذه الحركة والإجهادات الأخرى الناتجة عن عوامل البيئة. وكغيره من المنشئات الهندسية يتكون الطريق من أساس ومنشأ فوقي. ويعرف المنشأ الفوقي بالرصف وهو الجزء الظاهر من الطريق والذي تسير فوقه عجلات المركبات. ويتكون الرصف من عدد من الطبقات تختلف باختلاف نوع وأهمية الطريق ويمكن إن يتكون الرصف من طبقة واحدة فقط أو من طبقات عديدة من مواد تتراوح في جودتها بين خليط من التربة العادية والركام إلي الخرسانة الإسفلتية عالية الجودة أو حتى الخرسانة المسلحة مروراً بأنواع عديدة من التركيبات الركامية المعالجة بالمواد الرابطة المختلفة مثل الجير والإسمنت والإسفلت وغيرها.

أما الأساس فهو عبارة عن التربة الطبيعية والتي تكون بحالة حفر أو ردم ومن الضروري أن يكون الأساس قوي وقادر على تحمل الإجهادات المنتقلة إليه من الرصف ولذا يلزم في العادة دمك التربة لتحسين خواصها وتقويتها بإضافة بعض المواد المثبتة إليها ، أو بتطبيق بعض الأساليب الميكانيكية مثل الدق أو التحميل المسبق، أما إذا كانت التربة رديئة فيتم استبدالها بأخرى ذات خواص جيدة .أما أهمية الرصف فتتمثل في نقل الأحمال الناتجة من حركة المرور على سطح الطريق إلى طبقات الرصف المختلفة حتى يصل تأثيرها إلى طبقة التربة التي يتوقف عليها مدى صلاحية الرصف وتحمله لهذه الأحمال أو الإجهادات وكلما ذادت الأحمال المارة على الطريق كلما زاد سمك مادة الرصف والذي يتوقف بدوره على نوع تربة الأساس وقوة تحملها .

أولاً: الغرض من تصميم الرصف:-

الغرض من تصميم الرصف هو تحديد سمك طبقات الرصف المناسب الذي يجب أن يعلو طبقة التربة بحيث يعطي سمكاً جيداً مستوياً تحت حركة المرور دون حدوث أي هبوط أو انهيار.

ثانياً: الرصف المرن:

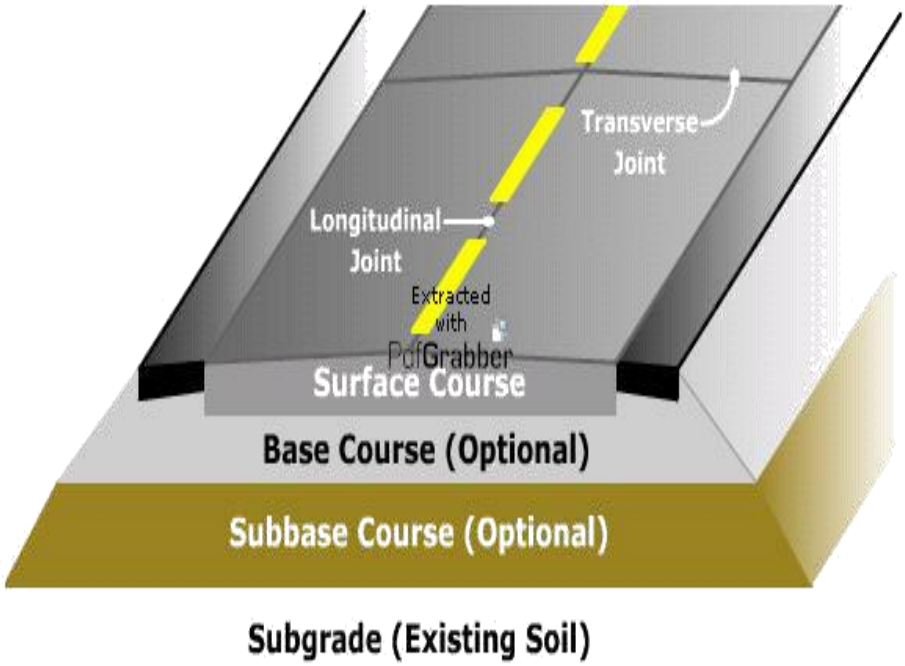
الرصف المرن النموذجي هو الرصف الذي يتكون من الطبقات التالية: -

أ- الطبقة السطحية (Surface layer)

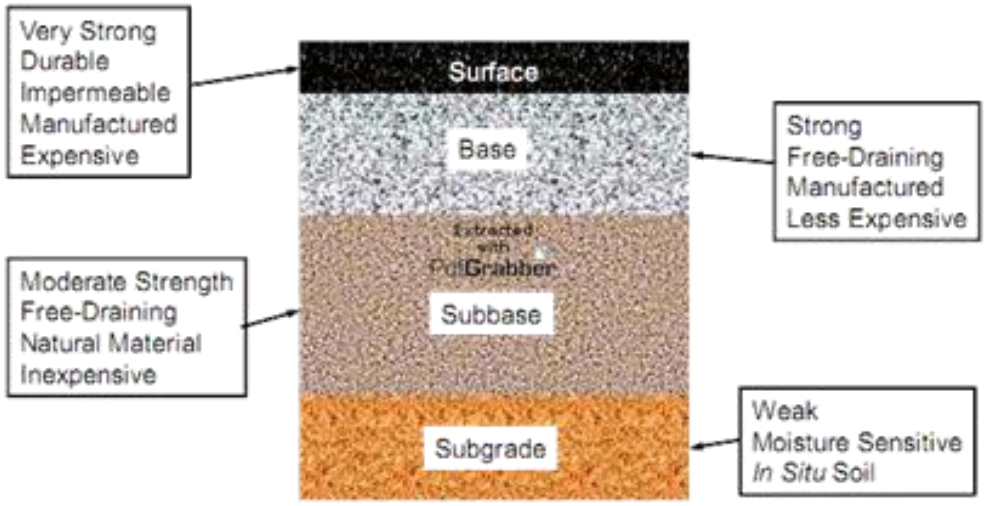
ب- طبقة الأساس (Base layer)

ت- طبقة الأساس المساعد (Sub – Base)

ث- الطبقة التأسيسية والتأسيسية المحسنة (Sub-Grade)



شكل(2-1- أ) يوضح طبقات الرصف

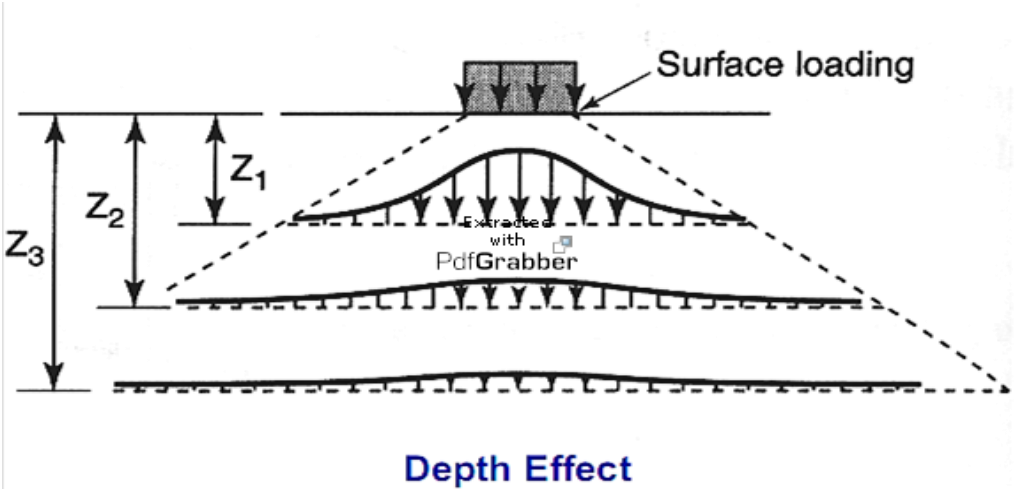


شكل(2-1- ب) يوضح طبقات الرصف

تكون كل الطبقات مبنية على التربة الطبيعة المدموكة كما هو موضح بالشكل (2- 1- أ) والشكل (2-1- ب) وفي بعض الحالات يمكن عدم استخدام طبقة

الأساس وذلك عندما تكون التربة الطبيعية الحاملة للطريق ذات خواص جيدة وفي حالات نادرة أيضاَ يمكن الاستغناء عن طبقة ما تحت الأساس.

يتميز الرصف المرن بأن التشوهات التي تحصل في تربة المسار يمكن أن تنعكس عبر الطبقات حتى نصل إلى الطبقة السطحية إي أن طبقات الرصف تكون مقاومتها للانعطاف ضعيفة ويمكن إهمالها. أيضا فان الأحمال الرأسية تنتقل عبر الطبقات بالاعتماد على نقاط التماس بين الحبيبات وبالتالي كلما زاد رص الطبقات كلما زادت قدرتها على توزيع الإجهادات على مساحة أفقية أكبر، وبالتالي تقل الاجهادات تبعا للعمق ومن ذلك يمكن القول بان الطبقة السطحية هي أقوى الطبقات لأنها تتحمل أكبر الإجهادات. ولذلك نستعمل لها أجود المواد وتقل الجودة مع العمق. شكل التالي يبين انخفاض الاجهادات مع العمق: –



شكل (2–2)

2-2 مميزات الرصف المرن:

أ- سريع التشوه مع الزمن.

ب- الأحمال متكررة ومتنوعة.

ت- مقدار الأحمال متغيرة من خفيفة إلى ثقيلة.

ث- يصمم ليتحمل المرور المستقبلي الذي يزيد سنوياً.

ج- خواص المواد المستخدمة تغيير بتغيير الظروف والبيئة.

ح- يتكون من طبقات متعددة تنشأ فوق التربة الطبيعية.

خ- ضعيفة المقاومة للانحناء.

د- انتقال الأحمال تدريجياً عبر الطبقات بالاعتماد على نقاط التماس بين الحبيبات.

ذ- سهولة التصميم والإنشاء وإمكانية التنفيذ على مراحل.

ر- سهولة الصيانة والترميم عند حدوث هبوط أو تشقق.

أولاً عيوب الرصف المرن: -

أ- يحتاج إلى فترات صيانة متقاربة.

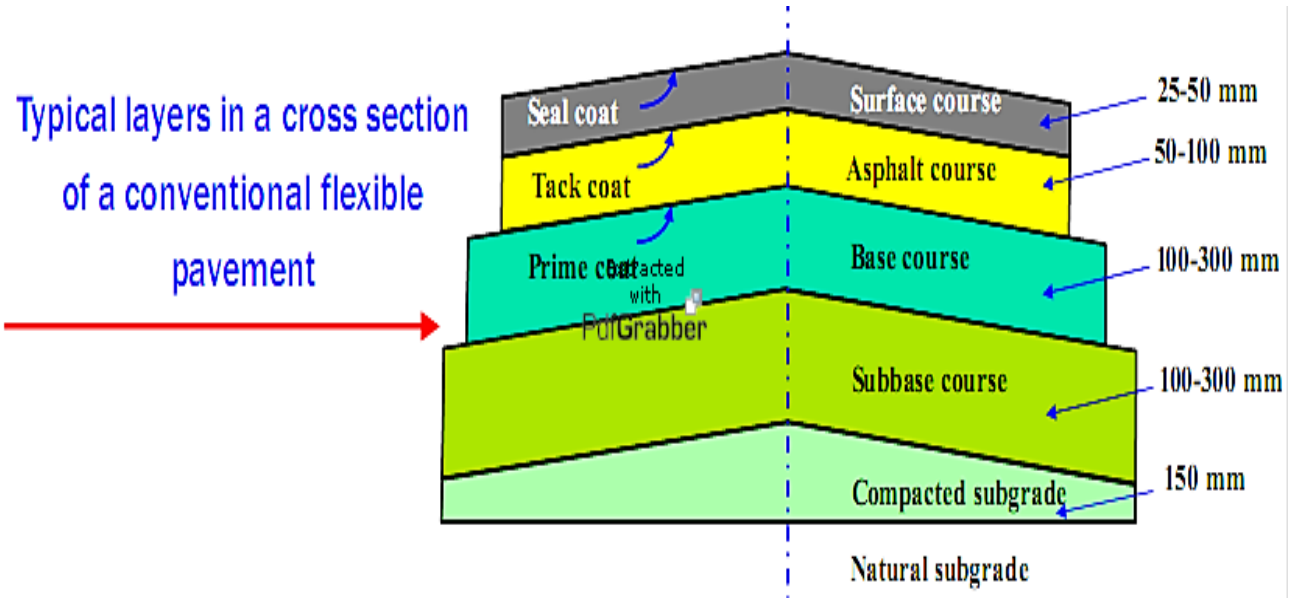
ب- إصدار الأصوات المزعجة عند مرور العربات عليه.

ت- تعرض طبقة الرصف السطحية للتشققات الكبيرة.

ث- عمرة الافتراضي صغير يصل حتى 20 عام.

ج- لا يصلح للتربة الضعيفة.

2-3 طبقات الرصف المرن: -



شكل (2 - 3) طبقات الرصف المرن

أولاً:

الطبقة السطحية:-

هي الطبقة التي تتحمل مباشرة الحمال الناتجة من حركة المرور والتغيرات المناخية ولذلك يجب على هذه الطبقة أن تقاوم.

أ- الإجهادات الرأسِية التي تتولد على سطح التماس بين الإطار المطاطي وسطح هذه الطبقة وهذه الإجهادات تبلغ شدتها القصوى عند العربات الثقيلة (الشاحنات) إذ يمكن أن تتراوح قيمة الإجهادات الراسية (700 – 1500 kn/m2).

ب- الإجهادات المماسية التي تتولد على سطح التماس أثناء سير العربات والتي تبلغ أقصاها عند الإقلاع أو عند الفرملة. وعند دخول المنعطفات وخاصة الحادة منها.

ج- الاهتراء الناتج من الاحتكاك بين الإطار المطاطي وسطح الطبقة السطحية والذي يمكن بتفاعله مع الإجهادات المماسية إن يقتلع العناصر الحصوية من الطريق.

د- الجهود الحرارية الناتجة عن تغيرات درجة الحرارة اليومية والسنوية.

ومن أهم أدوار الطبقة السطحية تأمين الراحة لمستعمل الطريق بإعطائه سطحا مستويا خالياً من التشققات والتشوهات وضمان عدم تسرب المياه إلى جسم الطريق لأن ذلك يؤدي إلى الإسراع في إتلافه.

- وتنقسم الطبقة السطحية إلى: -

1) الطبقة الواقية: –

هي الطبقة العليا التي تمر عليها المركبات والتي تتولى دور حماية الرصف من العوامل الخارجية وتكون بسمك محدد وتصنع من مواد ذات جودة عالية وغالباً ما تكون من الخرسانة الإسفلتية الغنية بالإسفلت وبناءاً على ذلك يكون الغرض منها:

أ- إعطاء سطح ناعم.

ب- التقليل من الاحتكاك بين العجل وسطح الطريق.

ج- التقليل من تكاليف تشغيل الطريق.

2) الطبقة الرابطة: –

وتقع أسفل الطبقة الواقية وتتكون من خلطات اقل جودة إلا إنها أكثر سماكة من الطبقة الواقية ولذلك تؤخذا حيانا في الاعتبار أثناء التصميم الإنشائي للرصف والتي تعمل على امتصاص الإجهادات المتولدة من سطح الطريق.

3) طبقة التشرب الأولى: (prime coat)

وتتمثل في رش طبقة من الإسفلت السائل أو من المستحلب الإسفلتي على طبقة الأساس الحبيبي والغرض الأساسي منه: –

أ- ربط المواد المفككة في طبقة الأساس.

ب- قفل الفراغات الموجودة في طبقة الأساس.

ج- منع طبقة الأساس من امتصاص الإسفلت من الطبقة السطحية.

4) طبقة التشرب الثانوية: (Tack coat)

عبارة عن طبقة من الإسفلت السائل أو المستحلب الإسفلتي تستخدم للربط بين طبقتين من الخرسانة الإسفلتية وترش عند درجة حرارة (85– 95°) وبمعدل رش (0.1~0.2 L/m2)

ثانياً:

طبقة الأساس: –

هي الطبقة التي تلي الطبقة السطحية ووظيفتها نقل وتوزيع الإجهادات إلى الطبقة التي تقع أسفل منها ويتم بذلك تحديد السمك اللازم أخذا في الاعتبار خواص المواد المكونة منها هذه الطبقة وخاصة فيها فيما يتعلق بمعامل المرونة ، وتتنوع المواد التي ويمكن ان تصنع منها طبقة الأساس فقد تكون من المواد الركامية مثل ما يعرف بالأساس الحبيبي (Granular Base)

أو من كسر الحجارة المعالج بالإسفلت أو الإسفلت كما يمكن إن تكون منخلطة مع الخرسانة الإسفلتية متوسطة أو منخفضة الجودة.

1/ دور طبقة الأساس: –

أ– تخفيض الجهود الرأسية الواصلة إلى تربة المسار ذلك من خلال توزيعها عبر التماس بين الحبيبات في حال كون هذه الطبقة من مواد حصوية غير صالحة. أو بواسطة ميل هذه الطبقة نحو الانعطاف في حالة كونها معالجة بأحد الروابط الهيدروليكية.

ب– حماية تربة المسار من حالة فوق الإجهادات التي يمكن ان تؤدي الى انهيار التربة.

ج– تأمين حامل جيد للطبقة السطحية التي يجب أن ترد على كافة المتطلبات التي سبق ذكرها كالتامة والراحة والأمان.

د– مقاومة الإجهادات الحرارية الناتجة من التغيرات اليومية والسنوية.

2/ مواصفات طبقة الأساس

أ– يجب أن تكون الحصويات المستخدمة في طبقة الأساس الحصوية مكونة من حبيبات صلبة شديدة التحميل ومن قطع خالية من المواد النباتية والمواد الضارة

الأخرى وان تكون الجودة التي تنتج لها الترابط بعد رشها بالماء ورصها بالمدحلة لتشكل أساسا ثابتا مستقرا يجب أن تكون الحصويات من الحجارة المكسورة أو من رواسب الأنهار المكسرة او الحصى المكسر ويجب أن تحتوي الحصويات المنتجة من الحجار المكسورة على ما يزيد عن نسبة 8% وزناً من القطع المسطحة أو المستطيلة واللينة والمتفككة.

ب- يجب أن تتألف الحصويات التي يحتجزها منخل (2.36) رقم (8) من قطع الحجارة التي تحتوي95% بالوزن على وجهين اثنين على الأقل مكسورين بطريقة ميكانيكية ويتم الحصول على التدرج المحدد من خلال عمليات التكسير والغربلة والخلط حسب اللزوم.

ج- إذا تبين إن من الضروري إضافة مواد ناعمة عما متوفر أصلا في طبقة الأساس وذلك لتحسين خواص التدرج وإعطاء قدر معقول من التماسك لمادة طبقة الأساس أو لتعديل خواص المواد للأجزاء التي تمر من منفصل رقم (40). فان هذه المواد يجب أن نمزج جيداً بشكل منتظم وتخلط مع الحصويات المنتجة من المواد المكسورة وان تتم عملية الخلط هذه في الكسارة وفي محمل خلط معتمد وثابت.

د- يجب أن تكون الحصويات مطابقة لمتطلبات التدرج والجودة عند وضعها علي سطح الطبقة المعتمدة وذلك بع مزجها وخلطها وفرشها وقبل رصها او مطابقة لأي شرط آخر يرد في الشروط والمواصفات الفنية الخاصة.

جدول (2–1) يوضح المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة الأساس

يجب ألا يزيد الجزء المار من منخل رقم (200) عن نصف الجزء المار من منخل رقم(40)

مقياس المنخل	التدرج 1	التدرج 2	التدرج3
50 mm (2 in)	100	–	–
74.5 mm–(1.5in)	–	100	–
25 mm (1in)	85 55	95 – 70	100
	80 -5	85–55	100–70
4.75mmNo(4)	60–30	56 -35	65 -35
0.425 mm No(40)	25 -10	25–10	10–3
0.75 No(200)	10 -3	10–3	3–10

جدول (2–2) يبين متطلبات الجودة

حد السيولة AASHTO 80 -89	25 كحد أقصى
حد اللدونة ASSHTO 90–80	6 كحد أقصى
AASHTO D 1883 CBR للتدرج1	100 كحد أقصى
ASSH TO D 1883 CBR للتدرج 2	80 كحد أقصى
ASS TO D 1883 CBR للتدرج 3	65 كحد أقصى

ثالثاً:

طبقة ما تحت الأساس :Sub Base

هي طبقة تعتبر امتداد للأساس ومكملة لها من حيث الوظيفة من حيث المشاركة في نقل الإجهادات التي طبقه الأساس الترابي ويتم اللجوء إلي استخدام طبقة ما تحت الأساس للاقتصاد في تكلفة طبقة الأساس حيث أن المواد المستعملة في طبقة ما تحت الأساس تكون اقل جودة إذ أن الاجهادات المنقولة لها من طبقة الأساس تكون اقل من تلك الطبقة على طبقة الأساس نفسها وقد تستخدم طبقة ما تحت الأساس لدواعي أخرى غير المساهمة في توزيع الإجهادات وذلك مثل المساعدة في معالجة تسرب المياه الجوفية أو تصريف المياه التي تعبر قطاع الرصف أو تستخدم كطبقة تسوية قبل وضع طبقة الأساس . هذه الطبقة يمكن الاستغناء عنها وذلك عندما تكون خواص التربة ممتازة أو حركة السير في الطريق ضعيفة.

1/ مواصفات طبقات ما تحت الأساس: -

أ- تكون التربة المستخدمة خالية من المواد العضوية والمواد الضارة الأخرى وينتج عنها طبقة ثابتة ومستقرة وذلك بعد رشها بالماء دمكها بالمدحلة.

ب- تكون التربة خشنة ومصنوعة من الحجارة المكسورة أو من رواسب الأنهار المكسورة أو من الحصى المكسر.

ج- يجب ان تكون مطابقة لأحد متطلبات التدرج والجودة التالية على سطح الطابق الترابي وذلك بعد مزجها وخلطها وفرشها وقبل رصها. أو مطابقة لأي تدرج آخر يرد في الشروط والمواصفات الفنية الخاصة.

جدول (2–3) يوضح المتطلبات الأساسية لتدرج المواد المكونة لطبقة ما تحت الأساس

مقياس المنخل	تدرج (1)	تدرج (2)
26.5mm (2.5in)	100	–
50 mm (2in)	100 – 95	100
37.5 mm (1.5in)	0	100 – 95
19 mm (3in)	–	85 –55
9.5 mm (3in)	–	80 –50
4.75 mm No(4 in)	–	70 –40
2.24 mm No (10 in)	70 –53	60 –30
0.445 m–m No (40 in)	–	50 –20
0.075 m–m No (205in)		30 –10
	15 –0	15 –0

جدول (2–4) يوضح متطلبات الجودة اللازم توفرها

اللدونة AASHTO 90–80	6 حد أعلى
النقص بسبب الاهتراءAASHTO T9677	50 كحد أعلى
CBR ASTMD1883	50 كحد أعلى

رابعاً:

الطبقة التأسيسية والتأسيسية المحسنة Sub-Grade

هي الطبقة النهائية التي تنتقل إليها الاجتهادات الناتجة من الأحمال المطبقة على سطح الرصف وفي العادة تكون طبقة الأساس الترابي هي التربة الطبيعية في الموقع عند مستوى التكوين والتي تم تعريضها بواسطة الحفر أو تكونت بالردم.

ويتم في بعض الأحيان تحسين خواص التربة عن طريق الرمل أو التثبيت أو تستبدل كذلك بتربة أخرى ذات خواص أفضل يتم توريدها من موقع أخر.

2-4 تصميم الرصف المرن:

أولاً: عوامل التصميم: -

هناك عدة عوامل تدخل في عملية التصميم وهي : -

1. حجم المرور.
2. خصائص المواد المستخدمة في الرصف.
3. المناخ والبيئة.

كما يوجد عدد من العناصر الأخرى التي يجب أخذها في الاعتبار عند التصميم وتشمل: -

- التكلفة.
- أسلوب الإنشاء.
- الصيانة.
- العمر التصميمي.

ثانياً: أحمال المرور:

باعتبار أن الوظيفة الأساسية لقطاع الرصف هي نقل وتخفيض الإجهادات الناتجة من حركة المرور إلى الطبقة التربة الأصلية بشكل أمن ولكي تحدد الحمل التصميمي يجب الأخذ في الآتي: -

أ/ تشكيل العجل

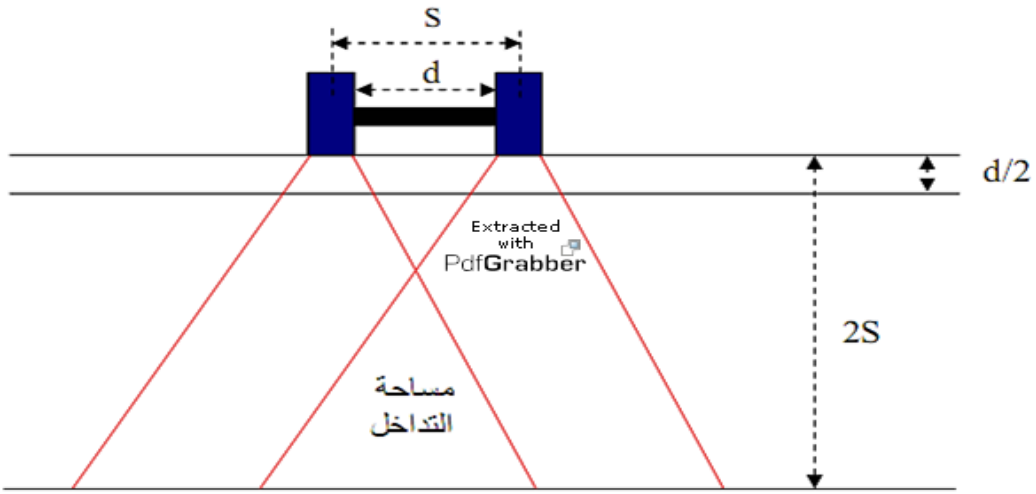
معرفة تشكيل العجل وذلك لتحديد كيفية توزيع الأحمال خال طبقات الرصف المختلفة. وعادة لا يسمح : -

- بان تزيد الأحمال على المحور الواحد عن (8.2 ton) في الطرق الرئيسية
- لا يزيد ضغط التماس بين العجل وسطح الطريق عن (5.6kg/cm2)

والحمل الكلي يحدد سمك الرصف بينما ضغط التماس يؤثر على سلامة سطح الرصف ومن الواضح أن تأثير ضغط العجل يظهر بصورة واضحة في الطبقات العليا ويقل بوضوح بعد ذلك حيث يصبح تأُثير الحمل ملموس للغاية وفي حالة الضغط الكبير فان الأمر يتطلب نوع جيد من الرصف للطبقات العلوية.

1) الحمل المعادل لعجلة واحدة (ESWL) :

حتى لا يتعدى الحمل الواقع على العجل الواحد الحمل المسموح به وحتى يمكن زيادة حمولة العجلة يستخدم إطارين من كل جانب للمحاور الخلفية لعربات النقل وبذلك فان الضغط الناشئ نتيجة للمحاور ذات العجل المزدوج اقل من تأثير ضغط الحمل علي العجلة الواحدة وحسابه يختلف عنه والأسس التي يعتمد عليها حساب الحمل المعادل هي المساواة بين الإجهادات والتشوهات التي تسببها مجموعة من الإطارات مع الإجهادات التي تسببها حمولة الإطار المعادل وتوزيع الضغط موضح في الشكل التالي :



الشكل (2-4) يوضح الحمل المعادل لعجلة واحدة

2/ تحدد تكرار الحمل :-

إن أي ضرر قد يلحق بالرصف أو التربة الأصلية نتيجة لمرور حمل واحد قد لا يكون ملموساً، ولكن نتيجة للأحمال المارة المتكررة يتعرض الرصف لا ضرار ملموسة وبمرور الوقت واستمرار التكرار قد يحدث انهيار كامل للرصف ولذلك يجب ان يكون الحمل المروري التصميمي لكل المحاور المارة في العمر التصميمي .

ثالثاً: خصائص المواد المستخدمة في الرصف :-

يتطلب التصميم الجيد الرصف الإلمام الكامل والفهم للخصائص المهمة للمواد الداخلة في إنشاء الرصف وكذلك التربة التي يؤسس عليها الطريق، ويعتمد اختيار خواص المواد والمعطيات المطلوبة على طبيعة طريقة التصميم كما ان خصائص المواد يمكن أن تختلف إلا انه يفضل تحديد الأتي :

- **الأسطح الإسفلتية**

القوة والثبات.

- **طبقات الأساس والأساس المساعد: -**

التدرج – القوة – الثبات – (مقاومة القص أو خواص الأحمال المتكررة).

- **الطبقات لمعالجة أو المثبتة.**

القوة (مقاومة الانحناء ومقاومة الضغط) وخواص العمل المتكرر مثل الكلل .

- **الأساس الترابي :-**

القوة – الثبات – تصنيف التربة – خواص الحمل المتكرر .

أ/ المناخ أو البيئة :-

بيئة أو مناخ المنطقة المراد إنشاء الطريق فيها لها تأثُير كبير على أداء سلوك مواد الرصف وطبقة الأساس الترابي ومن أهم العوامل البيئية التي تؤثر على طبقة الرصف.

1/ التغيير في درجة الحرارة.

درجة الحرارة لها تأثير كبير على معامل الصلابة للخلطة الإسفلتية فالتغير في درجة الحرارة يؤثر على الخلطة الإسفلتية مما يؤدي إلى إمكانية حدوث تشكل وتخدد في طبقات الرصف.

2/ زيادة معدل هطول الأمطار والثلج: -

ترفع نسبة الرطوبة في طبقات الرصف الإسفلتية وتعمل على ارتفاع منسوب المياه الجوفية التي يجب إن تبقى على عمق لا يقل عن (95 سم) من سطح الأرض .

رابعاً: محددات التصميم المرن: -

أ- الاقتصاد.

ب- الأمان ومستوى الخدمة خلال فترة التصميم.

ج- القدرة على تحمل الإجهادات المتكررة.

د- مقاومة التشوهات خلال فترة التصميم.

هـ- تقليل الإزعاج والحد من تلوث الهواء بقدر المكان أثناء التنفيذ.

2-5 طرق تصميم الرصف المرن:

تصنف طرق التصميم للوصف المرن بحسب طبيعتها إلى ثلاثة أنواع رئيسية بحيث يشمل كل نوع مجموعة من الطرق وهي : -

أولاً: الطرق التجريبية (Empirical Methods)

وتعتمد هذه الفقره على الخبرات العملية والنظريات التجريبية واهم هذه الطرق: -

أ- طريق دليل المجموعة (G.I.Method)

ب- طريقة التحميل النسبي لكاليفورنيا (C.B.R Method)

ج- طريقة الاشتو (AASHTO Method)

د- الطريقة البريطانية (TRL)

ثانياً: الطرق النظرية (Theoretical Method)

وتعتمد على المبادئ الهندسية وتستخدم التحليل النظري للإجهادات في مختلف طبقات الرصف ومن أهم الطرق النظرية.

- طريقة معهد الاسفلت (ASPHALT. INSTITUTE Method)

وفي هذا البحث نستخدم الطريقة التالية :

6-2 التصميم بطريقة المذكرة البريطانية رقم(31)

قدمت هذه الطريقة فهما أعمق وأكثر تقدما عن سلوك مكونات رصف الطرق وكيفية تفاعلها معا خلال عملية الرصف .كما أنه من أهم مميزاتها أنها وضعت لتصميم الطرق في المناخات المعتدلة وبالتطوير المستمر أصبحت ملائمة للتصميم في المناطق المدارية وشبه المدارية وذلك لتلك المعرضة لأحمال تزيد عن 30 مليون عربة مكافئة في الاتجاه الواحد .

تم اختصار عملية التصميم في هذه الطريقة بثلاثة خطوات :

1- تحديد حجم الحركة المرورية المتوقعة خلال العمر الافتراضي للطريق .

2- تحديد درجة قوة تحمل التربة الطبيعية وذلك اعتمادا على نسبة تحمل كاليفورنيا .

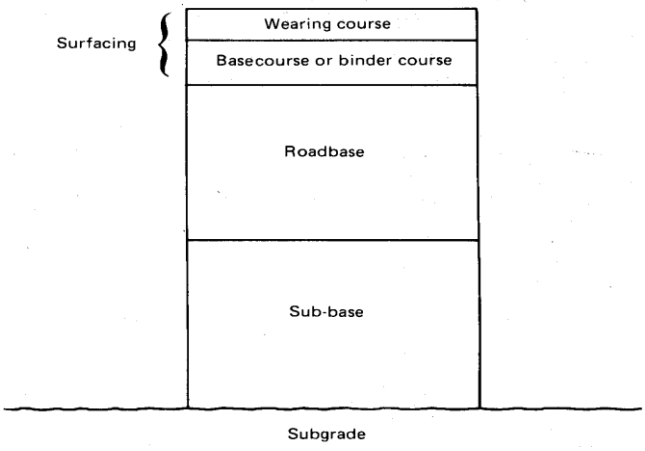
3- اختيار الخيار الأكثر اقتصادية من بين البدائل المتاحة وذلك بمراعات عدة عوامل منها :-

أ- تأثيرات المناخ وخصوصا في البلدان الإستوائية والتى تكون فيها التربة معرضة للرطوبة بصورة دورية .

ب- الشروط والأحكام المطبقة في المنطقة .

ج- الموازنة بين التصميم والصيانة حيث أنه يتجنب التصاميم التي تحتاج لصيانات كثيرة وفي فترات متقاربة ، في حين تصميم طريق لا يتطلب صيانة يؤدي إلى زيادة التكاليف بصورة كبيرة جدا .

ويوضح الشكل التالي شكل التصميم العام بهذه الطريقة .



الشكل (2-5) التصميم العام بهذه الطريقة

من الجيد أن تحديد سمكات الطريق لا يتأثر كثيرا بالأخطاء الطفيفة لأنها تصمم بناءا على عدد العربات المكافئة التراكمية، وبالرغم من هذا فإنه يجب تقييم وتحليل حساسية البيانات المعمول بها ، وتحديد نسبة المخاطرة لفترة معينة ، وتصنيف الطرق على هذا الأساس موضح في الجدول التالي :

جدول (2-5) يوضح كمية الحركة

Traffic classes

Traffic classes	Range (10^6 esa)
T1	< 0.3
T2	0.3 - 0.7
T3	0.7 - 1.5
T4	1.5 - 3.0
T5	3.0 - 6.0
T6	6.0 - 10
T7	10 - 17
T8	17 - 30

جدول (2–6) تعيين مقاومة التربة الطبيعية

Subgrade strength classes

Class	Range (CBR %)
S1	2
S2	3 - 4
S3	5 - 7
S4	8 - 14
S5	15 - 29
S6	30

أولاً: طريقة استخدام الكتالوجات

وتتكون هذه المذكرة من ثمانية كتالوجات هي عبارة عن بدائل متاحة للتصميم ويتم اختيار البديل المناسب حسب كمية الأمطار وطبيعة التربة والنواحي الاقتصادية ونواحي أخرى.

يمكن الحصول على أي من الكتالوجات الثمانية المرفقة بالتعرف على كمية الحركة ويرمز لها بالرمز (T) وتحمل الأرقام من (T1–T8) ويمكن تحديد (T) بمعرفة جملة الثقل المحوري المعادل النموذجي (ESA) وبالإضافة إلى معرفة كمية الحركة (T) يجب أيضا معرفة قوة التحمل (S) وهي تحمل الأرقام من (S1– S6) ويمكن تحديد (S) بمعرفة قوة التحمل النسبية لكاليفورنيا بالنسبة للطبقة التأسيسية.

وبمعرفة كل من (T) و (S) يمكن مباشرة تحديد الكتالوجات ومن ثم تحديد البديل المناسب.

2-7 مواصفات ومحددات التصميم

مسافة الرؤية (Sight Distance)

مسافة الرؤية هي طول الجزء المستمر و المرئي من الطريق أمام السائق ومن الضروري جداً في التصميم توفر مسافة رؤية كافية لضمان أمان التشغيل وتحقيق مسافة الرؤية الكافية للوقوف ويجب أن توفر باستمرار بطول الطريق .

مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance)

مسافة الرؤية للتوقف عبارة عن المسافة المطلوبة للسائق للسير بسرعة محددة والسماح للمركبة بالتوقف عند حدوث أي طارئ وهي تساوي مجموع المسافات أثناء الإبصار والتفكير ومسافة الكبح ويوضح جدول رقم (6) العلاقة بين مسافة الرؤية للتوقف والسرعة التصميمية (أنظر شكل رقم 2) .

مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance)

في الطرق ذات الحارتين لإمكان تجاوز السيارات بأمان فإنه يجب أن يرى السائق أمامه مسافة كافية خالية من المرور بحيث يمكنه إتمام عملية التجاور دون احتكاك بالسيارة التي يتخطاها ودون أن تعترضه أي عربة مضادة يحتمل ظهورها بعد أن يبدأ التجاوز ثم يعود إلى الحارة اليمنى بسهولة بعد عملية التجاوز . انظر شكل رقم (2) . ويوضح جدول رقم (6) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتجاوز

جدول رقم (2-7) تأثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف

السرعة التصميمة كم/ساعة	زيادة مسافة الرؤية للتوقف في حالة الميول لأسفل (م)		
	٪ 3	٪ 6	٪ 9
40	2	4	6
50	3	6	10
60	5	10	18
70	7	15	26
80	9	21	*
90	12	29	*
100	16	38	*

*** حسب ظروف التصميم**

مثال : طريق تجميعي سرعته التصميمية 50 كم/ساعة أوجد مسافة الرؤية للتوقف في حالة وجود ميل رأسي مقداره . 3 ٪ ؟

(الحل) : من خلال جدول رقم (6) نجد أن مسافة الرؤية للتوقف 65 متراً ولكن في حالة الميل لأسفل يتم إضافة زيادة للمسافة طبقاً لجدول رقم (7) لتصبح مسافة التوقف المطلوبة = 65 + 3 = 68 متراً .

مثال : طريق شرياني سرعته التصميمية 60 كم/ساعة أوجد مسافة الرؤية اللازمة للتجاوز ؟ .

(الحل) : باستخدام المنحنيات في شكل رقم (3) يمكن حساب مسافة الرؤية للتجاوز بالدخول للمنحنى بالسرعة التصميمية رأسياً ليتقاطع مع الخط المائل ثم نرسم خطاً أفقياً من نقطة التقاطع لإيجاد مسافة الرؤية للتجاوز فتجد أنها حوالي 420 متراً . أو باستعمال جدول رقم (6) بدلالة السرعة التصميمية نجد أنها حوالي 420 متراً .

مسافة الرؤية الأفقية

عندما يوجد جسم مجاور للرصف كدعامة جسر أوكتف أو حائط ساند أو ميل قطع أو غير ذلك مما يحد من مسافة الرؤية فإن مسافة الرؤية للتوقف هي التي يميزها أقل قيمة لنصف قطر الانحناء أنظر شكل رقم (4-1) . كما يتم استخدام المنحنيات في شكل رقم (4-2) في حالة مسافة الرؤية للتجاوز . ولإيجاد نصف القطر الذي يحقق الخلوص الأفقي المطلوب مقاساً من الحارة الداخلية للطريق يتم استخدام المنحنيات في الشكلين السابق ذكرهما بمعلومية الخلوص الأفقي والسرعة التصميمية.

استخدام مسافات الوقوف والتجاوز لإيجاد طول المنحنى الرأسي

يتعين أقل طول للمنحنيات الرأسية تبعاً لاحتياجات مسافة الرؤية لكي تكون مقبولة بوجه عام من ناحية الأمان والراحة والمنظر . ولتعيين أقل انحناء لمنحنى فيتم اعتبار أن ارتفاع عين السائق 1.07م من سطح الرصف على أن يكون ارتفاع الجسم المرئي حوالي 15سم في حالة مسافة الرؤية للوقوف و1.30 م في حالة مسافة الرؤية للتجاوز .

مسافة الرؤية لمنحنى رأسي محدب (Crest Curve)

يتم تحديد أقل طول لمنحنى رأسي محدب من خلال المعادلة (1)

$L = Kc \times A$ 1

حيث إن

طول المنحنى الرأسي المحدب بالمتر = L

ثابت يتم تحديده من جدول رقم (8) =Kc

الفرق الجبري بين الميلين كنسبة مئوية =A

جدول رقم (2–8) قيمة K c حسب السرعة التصميمية

السرعة التصميمية (كم/ ساعة)	قيمة المعامل(Kc)	
	حالة التوقف	حالة التجاوز
40	5	90
50	15	130
60	18	180
70	31	250
80	49	310
90	71	390
100	105	480
110	151	570
120	202	670

2-8 التخطيط الأفقي Horizontal Alignment

الرفع الجانبي للطريق Super elevation

في حالة حركة السيارة على طريق منحنى أفقياً يتم عمل رفع جانبي للطريق Super elevation بدرجة كافية لإيجاد مركبة قوة جانبية لتعادل مركبة القوة الطاردة المركزية الناتجة من الحركة على منحنى ولإيجاد أقل نصف قطر لمنحنى أفقي تستخدم المعادلة رقم (3) .

$$R = \frac{V^2}{127(e+f)} \quad \text{.....1-1}$$

حيث أن :

R = أقل نصف قطر للمنحنى الدائري بالمتر

V = سرعة المركبة بالكم/ساعة

f = معامل الاحتكاك الجانبي

e = أقصى معدل رفع جانبي بالمتر/المتر

جدول رقم (2-9) أقصى قيمة رفع جانبي

درجة الطريق	أقصى قيمة رفع جانبي للطريق مرغوبة (متر/ متر)	أقصى قيمة رفع جانبي مطلقة (متر /متر)
طريق سريع	0.08	0.10
طريق شرياني	0.08	0.10
طريق تجميعي	0.08	0.12
طريق محلي	0.10	0.12

جدول رقم (2-10) أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميميه ودرجة الرفع الجانبي للطريق

السرعة التصميمية كم / ساعة	الاحتكاك الجانبي	أقصى قيمة رفع جانبي للطريق			
		0.06	0.08	0.10	0.12
40	0.17	55	50	45	45
50	0.16	90	85	75	70
60	0.15	135	125	115	105
70	0.14	195	175	160	150
80	0.14	250	230	210	195
90	0.13	335	305	275	255
100	0.12	440	395	360	330
110	0.11	560	500	455	415
120	0.09	755	655	595	540
130	0.09	885	785	700	635
140	0.08	1100	965	860	770

محور الدوران لإيجاد الرفع الجانبي للطريق

أ . للطريق الغير مقسم يكون محور الدوران لتحقيق الرفع الجانبي للطريق عند خط محور الطريق .

ب . للطريق المقسم يكون محور الدوران هو الجزيرة الوسطية لكلٍّ من الاتجاهين

الميل الطبيعي =**A**

النصف الخارجي مستوٍ ، النصف الداخلي الميل الطبيعي =**B**

ميل سطح الطريق هو الميل الطبيعي =**C**

ميل سطح الطريق مساوٍ لميل الرفع الجانبي =**D**

9-2 تحقيق الرفع الجانبي للطريق Super elevation Development

يتم الرفع الجانبي للطريق لتحقيق أمان للحركة مع متطلبات راحة المستخدم للطريق . وفي حالة استخدام المنحنى الانتقالي Transition Curve يتم وضع مسافة المنحدر فوق المنحنى الانتقالي . وفي حالة المنحنى الدائري بدون منحنى انتقالي يتم وضع ثلثي طول المنحدر فوق المماس وذلك على أن يكون طول المنحدر كافياً ويحقق الميل .

مسار الرفع الجانبي للطريق

في الأجزاء المماسية (أو المستقيمة) من الطريق يكون الميل العرضي عادياً ، والأجزاء المنحنية يتم عمل رفع جانبي لها ، ولابد من عمل التغيير بشكل تدريجي من ميل لآخر. ويتضمن ذلك عادة المحافظة على وضع خط محور كل طريق

بشكل منفرد عند خط مناسيب القطاع الطولي مع رفع الحافة الخارجية وخفض الحافة الداخلية لينتج الرفع الجانبي للطريق. والطريقة المتبعة هي أن يتم أولا رفع الحافة الخارجية من الرصف بالنسبة لخط محور الطريق حتى يصبح النصف الخارجي من القطاع العرضي مستويا أفقياً وبعد ذلك يتم رفع الحافة الخارجية أكثر حتى يصبح النصف الخارجي من القطاع العرضي مستويا وبعد ذلك يتم رفع الحافة الخارجية أكثر حتى يصبح القطاع العرضي كله مستقيماً ثم يدار القطاع العرضي بأكمله كوحدة واحدة حتى يتم الحصول على كامل الرفع الجانبي للطريق .

جدول رقم (2-11) ميل المنحدر حسب السرعة التصميمية

السرعة التصميمية (كم / ساعة)	(نسبة ميل المنحدر) ٪
40	0.74
50	0.66
60	0.59
70	0.54
80	0.50
90	0.47
100	0.44
110	0.41
120	0.38
130	0.36
140	0.34

ويتم حساب أقل طول المنحدر من خلال معادلة رقم (2-2)

$$L = \frac{50ew}{r} \quad \text{.....(2-2)}$$

أقل طول منحدر بالمتر = L

معدل الرفع الجانبي (متر/ متر) =e

عرض الرصف بالمتر = w

نسبة ميل المنحدر (جدول رقم 12) = r

10-2 المنحنيات الانتقالية Transition Curves

يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحنى وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية . وعلى هذا فمن المستحسن عمل منحنيات انتقالية حتى يمكن للسائق أن يسير في حارته المرورية. فضلاً عن أن المنحنى الانتقالي يعطي للمصمم المجال لتطبيق التوسيع والرفع التدريجي للحافه الخارجية للرصف بمقدار الرفع المطلوب. ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = 0.0702\ V3\ /\ (\ RXC$$

L = أقل طول للمنحنى الانتقالي

V = السرعة التصميمية (كم/ ساعة)

R = نصف قطر المنحنى الدائري (م)

C = معدل زيادة العجلة المركزية (م/ث3)(1-3)

عناصر المنحنى الأفقي

عناصر المنحنى الدائري والمنحنى الانتقالي على أن تكون جميع القياسات الطولية بالمتر والقياسات الدائرية معبراً عنها بالتقدير الدائري (radians).

توسيع المنحنيات Curve Widening

يتم عمل التوسيع في المنحنيات بسبب عدم اتباع العجلات الخلفية لمسار العجلات الأمامية في المنحنيات . والتوسيع يتم وضعة من بداية المنحدر ثم بالطول الداخلي الكامل للمنحنى انظر.

ملاحظات عامة عن التخطيط الأفقي

بالإضافة إلى عناصر التصميم المحددة في التخطيط الأفقي ، فقد عرفت بعض القواعد العامة الحاكمة . وهذه القواعد ليست خاضعة لمعادلات ولكنها ذات أهمية في الحصول على طرق مأمونه سهلة الانسياب فالانحناء الزائد ، وكذلك سوء الترابط بين المنحنيات المختلفة ، يقلل السعة ويترتب عليه خسائر اقتصادية بسبب الزيادة في زمن الرحلة ونفقات التشغيل ويسئ إلى جمال المنظر . ولكي نتلافى تلك المظاهر السيئة في أعمال التصميم ، يجب اتباع القواعد العامة التالية :

1. يجب أن يكون التخطيط اتجاهياً بقدر الإمكان أي موجها للسير في نفس الاتجاه ، ولكن متمشياً مع تضاريس المنطقة فالتخطيط الانسيابي الذي يتمشى بوجه عام مع التضاريس الطبيعية أفضل من حيث الجمال الفني من تخطيط ذي مماسات طويلة يشق خلال أرض متموجة أو جبلية . كما أن مثل هذا التصميم مرغوب من الوجهة الإنشائية والصيانة .

2. كذلك يجب أن يكون عدد المنحنيات القصيرة أقل ما يمكن وذلك لأنه عادة يكون سببا في اختلال السير وفي نفس الوقت الذي نذكر فيه أهمية الخصائص الجمالية للمنحنيات الأفقية ، فإن مسافة الرؤية اللازمة للتخطي في الطرق ذات الحارتين تتطلب مماسات طويلة مستقيمة كما يجب أن يهيأ التجاوز على أكبر نسبة من أجزاء هذه الطرق .
3. في حالة مسار ذي سرعة تصميمة محددة يجب تلافي المنحنيات ذوات الانحناءات القصوى كلما أمكن ذلك ، مع محاولة استخدام منحنيات منبسطة وترك المنحنيات القصوى للحالات الحرجة. كذلك يجب أن تكون زاوية المنحنى المركزية أقل ما تسمح به ظروف الموقع من أجل أن يكون الطريق اتجاهي قدر الإمكان.
4. الهدف دوماً هو إيجاد تخطيط متناسق . فيجب ألا تعمل انحناءات شديدة في نهاية مماسات طويلة ، ولا يعمل تغيير فجائي من انحناءات منبسطة إلى انحناءات شديدة . وعندما يستلزم الأمر إدخال منحنى شديد ، فيكون الدخول عليه إذا أمكن ذلك بواسطة منحنيات متتالية تبدأ من الانحناء المنبسط ثم تزداد شدة بالتدريج .
5. في زوايا الانحراف الصغيرة ، يجب أن تكون المنحنيات ذات طول كاف يمنع ظهور التخطيط بشكل كسرات بحيث لا يقل طول المنحنى عن 150متراً لزاوية مركزية مقدارها 5 درجات ويزداد هذا الطول الأدنى بمقدار 30متراً مقابل كل درجة تنقص من الزاوية المركزية .
6. المنحنيات المنبسطة هي فقط التي يلزم استخدامها في مناطق الردم العالية الطويلة. وفي حالة عدم وجود أشجار أو ميول حفر أو ما شابه ذلك في مستوى أعلى من الطريق فإنه يكون من الصعب على السائقين ملاحظة مدى

الانحناء وضبط حركة سياراتهم تبعا للحالة كما أن أي سيارة تفلت قيادتها فوق ردم عال يكون موقفها في غاية الخطورة ولتخفيف حدة ذلك الخطر فانه يلزم استخدام أعمدة واقية جيدة التصميم ، أو على الأقل توضع علامات كافية لإظهار المنحنى ، مع المحافظة على وضوحها بدرجة عالية .

7. يجب مراعاة الحذر عند استخدام منحنيات دائرية مركبة والأفضل أن يتجنب استخدامها وفي حالة الاضطرار إلى استخدامها يجب أن يكون الفرق صغيراً بين أنصاف الأقطار بحيث لا يزيد نصف قطر المنحنى المنبسط عن 1.5نصف قطر المنحنى الحاد.
8. يجب اجتناب أي تغيير عكسي مفاجئ في التخطيط ، لأن مثل هذا التغيير يجعل من الصعب على السائق أن يلتزم حارة المرور الخاصة به ، كما أنه من الصعب عمل رفع كاف جانبي للطريق في كلا الانحنائين وقد ينتج عن ذلك حركات خاطئة وخطيرة ويمكن تصميم انحناء عكسي مناسب في التخطيط بعمل مماس ذي طول كاف بين الانحنائين للانتقال التدريجي في رفع جانب الطريق ولا يقل الطول عن 60 متراً .
9. يجب اجتناب عمل منحنيات ذات شكل منكسر (أي انحنائين متتاليين في نفس الاتجاه بينهما مماس قصير) لأن مثل هذا التخطيط فيه خطورة وتنتج هذه الخطورة من أن معظم السائقين لا يتوقعون أن تكون المنحنيات المتتالية لها نفس الاتجاه أما الحالة السائدة وهي انعكاس الاتجاه في منحنيين متتاليين فهي تولد في السائقين العادة على اتباعها بطريقة تكاد تكون لا شعورية ، أضف إلى ذلك أن الانحناء المنكسر لا يسر في مظهره ، وعادة لا يطلق هذا الاصطلاح المسمى انحناء منكسر على الحالة التي يكون فيها المماس الواصل بين المنحنيين المتتاليين طويلاً أي 500متر مثلاً أو أكثر . ولكن

حتى في هذه الحالة فإن التخطيط لا يكون مقبول المنظر عندما يكون كلا المنحنيين مرئيين بوضوح من مسافة بعيدة . وإذا كان طول المماس أقل من 250مترا فيعمل منحنى واحد .

10. يجب مراعاة الترابط بين التخطيط الأفقي والقطاع الطولي اجتناباً لظهور أي اعوجاج مخل بالتناسق . وهذا الترابط بين التخطيطين الأفقي والرأسي ضرورة حتمية كي نحصل في النهاية على تصميم جيد التوازن .

11. في الأماكن المسطحة من المملكة مثل المنطقة الوسطي مثلاً يفضل ألا يقل نصف قطر المنحنى الأفقي في الطرق الرئيسية عن 500متر و 1000 متر مفضل أو حسب السرعة التصميمية للطريق.

6 . التخطيط الرأسي للطرق

يتكون التخطيط الرأسي للطرق من سلسلة من الميول الطولية متصلة مع بعضها بمنحنيات رأسية. ويتحكم في التخطيط الرأسي عوامل الأمان و التضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار . ويجب أن يكون مدى الرؤية في جميع أجزاء القطاع الطولي مستوفيا لأقل مسافة لازمة للتوقف (ليس التجاوز) حسب السرعة التصميمية الموافقة لدرجة الطريق .

وعند المفاضلة بين تخطيطات طولية مترادفة يجب مقارنتها معاً من الناحية الاقتصادية وتحقيق الخدمة المطلوبة وسلامة الحركة المرورية وقد وضعت حدود قصوى للانحدارات تحقيقاً للاقتصاد والكفاءة في تشغيل المركبات على الطرق وفي نفس الوقت فإن تكاليف إنشائها تكون في الحدود المناسبة .

مواصفات الميول الطولية

في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب وفي المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعي فإن السطح السفلي للرصف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي 0.5 متر على الأقل. وفي المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث يكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ 0.3 متر على الأقل وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري الغير ضروري . وللمحافظة على الشكل الجمالي فإن من المهم جداً أن يكون طول المنحنى الرأسي أطول من المسافة المطلوبة للتوقف .

موقع الخط التصميمي بالنسبة للقطاع العرضي

أ . للطرق غير المقسمة .

ينطبق الخط التصميمي على خط محور الطريق .

ب . الطرق المقسمة .

يمكن وضع الخط التصميمي في محور الطريق أو عند حافة الجزيرة الوسطى للطريق كما يتم تحديد منسوب الرصف والجسر والخصائص الأخرى من خلال الخط التصميمي .

2-11 المنحنيات الرأسية Vertical Curves

يجب أن تكون المنحنيات الرأسية سهلة الاستخدام وتهيئ تصميماً مأموناً ومريحاً في التشغيل ومقبولاً في الشكل كافياً في تصريف المياه . وأهم مطلب في المنحنيات الرأسية المحدبة هو أن تعطينا مسافات رؤية كافية للسرعة التصميمية وفي جميع الحالات يجب أن تتوفر مسافة رؤية للتوقف تكون مساوية للحد الأدنى أو أكبر منها .ويستخدم القطع المكافئ في المنحنيات الرأسية لسهولة حساباته وبساطة توقيعه في الطبيعة واستيفائه للمطالب السالفة.

2-12 التصميم في حالة الميول الشديدة Heavy Grades

ماعدا المناطق المستوية ليس من الضروري عمل خط تصميمي (Profile) يسمح بالتشغيل المنتظم لكل أنواع المركبات (حافلات ، شاحنات ،.... الخ) وعند تصميم معظم الطرق الحضرية يتم اعتبار السيارة الخاصة ((passenger car هي المركبة التصميمية ولتشغيل الحافلات يستحسن كسر الميول الطولية من الطريق بجزء مستوى أفقياً على فترات وتجنب الميول الطولية الطويلة وخصوصاً الصاعدة .

التصميم المستقل لكل اتجاه

في حالة الطريق المقسم بجزيرة عرضها 10 متر أو أكثر من الأنسب عمل تصميم رأسي (Profile) لكل اتجاه من الاتجاهين على حده .

الخط التصميمي في أماكن المنشآت

في حالة تقاطعات الطرق مع بعض المنشآت كالكباري مثلاً يتم إيجاد خلوص رأسي لايقل عن 5.5 متر بالإضافة إلى 10 سم تحسب لعمل طبقة تغطية مستقبلية للرصف .

حسابات المنحنيات الرأسية المتماثلة

المنحنيات الرأسية غير المتماثلة

في بعض الحالات من الممكن للمنحنى غير المتماثل أن يكون أكثر ملاءمة من المنحنى المتماثل وخصوصاً حالة أن يكون المسافة الأفقية المطلوب عمل منحنى رأسي لها صغيرة أو في حالات التضاريس الجبلية .

اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي

إلى جانب العوامل الخاصة في التخطيط الرأسي هناك عدة اعتبارات عامة يجب مراعاتها في التصميم وهي :

1. يجب أن يكون الهدف هو الحصول على منسوب تصميمي طولي سهل ذي تغييرات تدريجية تتمشى مع نوع الطريق أو درجته وكذا طبيعة الأرض فإن ذلك افضل من مناسيب تكثر فيها الانكسارات والأطوال الانحدارية القصيرة وحقيقة أن هناك قيماً تصميمية خاصة بالانحدارات القصوى والطول الحرج لكل انحدار ، إلا أن طريقة تطبيق ذلك وتهيئته مع طبيعة الأرض في مناسيب مستمرة هي التي تحدد صلاحية العمل المنتهي وشكله الأخير .
2. يجب اجتناب التخطيط الرأسي المتموج أو ذي الانخفاضات المحجوبة ويصادفنا هذا المنظر الطولي عادة في التخطيطات الأفقية القريبة من الاستقامة عندما تعمل المناسيب الطولية لسطح الطريق متفقة في الشكل إلى حد بعيد مع الأرض الطبيعية المتموجة . وليس ذلك سيئ المنظر فحسب ، بل إنه خطر أيضا فالانخفاضات المحجوبة تسبب الحوادث في عمليات التجاوز ، حيث يخدع السائق المتجاوز بمظهر الطريق فيما وراء المنخفض ويظن الطريق خالياً من السيارات المضادة . بل وفي المنخفضات قليلة العمق

فان مثل هذا التموج الطولي يوجد عدم الاطمئنان عند السائق لأنه لا يمكنه الجزم بوجود أو عدم وجود مركبة مقبلة يحتمل اختباؤها خلف الجزء المرتفع . وهذا النوع من التخطيطات الطولية يمكن تجنبه بعمل انحناء أفقي أو تغيير الانحدارات تدريجيا بمعدلات خفيفة وذلك ممكن بزيادة أعمال الحفر والردم.

3. يجب اجتناب التخطيط الطولي المنكسر الانحناء (انحنائين رأسيين في نفس الاتجاه يفصلهما مماس قصير) وخاصة في المنحنيات المقعرة التي يكون فيها المنظر الكامل للانحنائين معاً غير مقبول .
4. من المفضل في الانحدارات الطويلة أن تكون الانحدارات الشديدة في الأسفل ثم يقل الانحدار قريباً من القمة أو يتجزأ الانحدار المستمر بإدخال مسافات قصيرة تكون الميول أقل فيه بدلاً من أن يعمل انحدار كامل منتظم ، وقد لا يكون أخف من الحد الأقصى المسموح به إلا بقليل ، ويعتبر ذلك ملائماً بصفة خاصة لحالة الطرق ذات السرعة التصميمية المنخفضة .
5. عند وجود تقاطعات مستوية في أجزاء من الطرق ذات انحدار يتراوح بين متوسط وشديد فيحسن تخفيض الانحدار خلال التقاطع . هذا التعديل في الانحدار مفيد لكافة المركبات التي تقوم بالدوران ويؤدي إلى تقليل احتمالات الخطر .
6. يجب تجنب المنحنيات المقعرة في مناطق الحفر إلا في حالة توفر نظام صرف كافي .

الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي .

يجب ألا يكون التصميم في كل من الاتجاه الأفقي والرأسي مستقلاً عن الآخر فكلٌ منهما يتمم الآخر . ولو أسيء الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي فإن ذلك يضر بالمزايا الموجودة فيهما ويزيد ما بهما من عيوب . ونظراً لأن التخطيط الأفقي

والرأسي هما من أهم العناصر الدائمة في تصميم الطرق فيجب دراستها دراسة كاملة . إذ أن البراعة في تصميمها والجمع بينهما يزيد الفائدة والأمان ويدعو إلى انتظام السرعة ويحسن النظر ويتحقق كل ذلك في غالب الأحيان دون زيادة في التكاليف .

ضوابط عامة في التصميم .

إن من الصعب مناقشة كل من التخطيط الأفقي والرأسي معاً مجتمعين دون الرجوع إلى الموضوع الأهم وهو اختيار خط سير الطريق . وكلا الموضوعين يرتبط بالآخر وما يمكن أن يقال عن أحدهما ينطبق عادة على الآخر وعلى ذلك فمن المهم أن يكون المهندسون الموكول إليهم اختيار مسار الطريق ذوى دراية كاملة بعناصر التصميم الجيد وقد افترضنا هنا أنه قد تحدد خط السير العام وأن المسألة أصبحت منحصرة في التصميم التفصيلي والتوافق بين التخطيط الرأسي والأفقي بحيث يكون الطريق اقتصادياً و حسن المنظر ، وآمناً عند السير عليه . ومن العوامل الطبيعية أو المؤثرات التي تعمل فرادى أو مجتمعة على تحديد نوع التخطيط هي : خصائص الطريق التي تفرضها حركة المرور ، وطبوغرافية المنطقة ، وحالة التربة التحتية ، والطرق الحالية ، والتوسع العمراني والنمو المرتقب في المستقبل وموقع نهايات الطريق والمنشآت القائمة ومجاري الأودية . ومع أن السرعة التصميمية تؤخذ في الحسبان عند تحديد خط السير العام ولكن عندما يتعمق التصميم في تفاصيل التخطيط الأفقي والرأسي تزداد أهميتها حيث أن تلك السرعة المختارة للتصميم هي التي تعمل على حفظ التوازن بين جميع عناصر التصميم والسرعة التصميمية هي التي تقرر حدود القيم لكثير من العناصر كالانحناء ومسافة الرؤية ، كما أن لها تأثيراً على عناصر أخرى مثيرة كالعرض ومسافات الخلوص والحد الأقصى للميل .

والتوافق الجيد بين التخطيط الأفقي والرأسي يمكن الحصول عليه بالدراسة الهندسية ومراعاة الاعتبارات العامة التالية :

1. يجب أن يكون هناك توازن جيد بين المنحنيات الأفقية والانحدارات الطولية، فالتخطيط الأفقي المستقيم أو المنحنيات الأفقية المنبسطة التي مع وجود انحدارات حادة أو طويلة – وكذا عمل انحناء حاد للاحتفاظ بانحدار منبسط كلاهما تصميم رديء وينقصه التوازن ، أما التصميم المعقول فهو توفيق بين الحالتين بما يعطي أكبر أمان وأعظم سعة مع سهولة السير وانتظامه وحسن المنظر في الحدود العملية لطبيعة الأرض والمنطقة التي يجتازها الطريق.
2. نحصل عادة على منظر حسن عند اجتماع منحنى رأسي مع منحنى أفقي ولكن ينبغي دراسة تأثير ذلك على حركة المرور . ويلاحظ أن وجود تغييرات متتالية في القطاع الرأسي للطريق دون اقترانها بانحناء أفقي قد يؤدي إلى ظهور سلسلة من قمم المنحنيات تبدو لنظر السائق من بعيد ، مما يشكل حالة غير مرغوب فيها كما سبق بيانه.
3. يجب ألا يعمل منحنى أفقي حاد عند قمة أو قريباً من قمة منحنى رأسي بارز ووجه الخطورة في ذلك أن السائق لا يمكنه إدراك التغيير الأفقي في التخطيط وخاصة في الليل عندما تلقى أشعة الضوء الأمامية مباشرة نحو الفضاء الأمامي ويتلاشى هذا الوضع الخطر إذا كان الانحناء الأفقي قبل الرأسي أي إذا كان طول المنحنى الأفقي أكبر من المنحنى الرأسي ويمكن أيضاً عمل تصميم مناسب باستخدام مقادير تصميمية أكبر من الحد الأدنى الذي توجبه السرعة التصميمية.
4. وهناك حالة أخرى قريبة الشبه من السابقة وهي أنه يجب ألا يبدأ منحنى أفقي عند قاع منحنى رأسي مقعر حاد . ذلك لأن الطريق أمام السائق يبدو أقصر

طولاً من الحقيقة . وأي انحناء أفقي غير منبسط يعطي منظراً ملتوياً غير مقبول . وإلى جانب ذلك فإن سرعات المركبات وخاصة الشاحنات غالباً ما تكون عالية عند قاع المنحدرات وقد تحدث أخطاء في القيادة ولا سيما أثناء الليل.

5. في الطرق ذات الحارتين ، يحتاج الأمر إلى مسافات مأمونة للتجاوز في أطوال كثيرة وأن يتوفر ذلك على نسبة مئوية كبيرة من طول الطريق ، وتلك الضرورة غالباً ما تفوق الاستحسان الشائع من جمع الانحناء الرأسي مع انحناء أفقي وعلى ذلك يلزم في تلك الحالات العمل على إيجاد مسافات طويلة مستقيمة تكفي لتواجد مسافة رؤيا للتجاوز في التصميم .
6. في تقاطعات الطرق حيث تكون مسافة الرؤية على كلا الطريقين لها أهميتها وقد تضطر المركبات إلى التهدئة أو التوقف لذلك يجب أن يعمل التخطيط الأفقي والرأسي عندها منبسطاً بقدر الإمكان .

تنسيق أعمال التخطيط عند التصميم

يجب ألا يترك تنسيق التخطيط الأفقي والرأسي للصدف ، بل يجب أن يبدأ ذلك في مرحلة التصميمات الأولية ، حيث يسهل في هذه المرحلة إجراء أي تعديلات. ويجب على المصمم أن يجعل رسوماته بحجم ومقياس رسم ونظام بحيث يمكنه دراسة مسافات طويلة مستمرة من الطريق في كل من المسقط الأفقي والقطاع الطولي ويتصور شكل الطريق في أبعاده الثلاثة ويجب أن يكون مقياس الرسم المستعمل صغيراً بالدرجة الكافية ، وعادة يكون في حدود 1000:1 ، 1 :2000 ،1: 2500 مع رسم القطاع الطولي والمسقط الأفقي معاً في نفس اللوحة . ويحسن وضع القطاع الطولي في أسفل المسقط الأفقي مباشرة ويرسم بنفس مقياس الرسم الأفقي ، أما المقياس الرأسي فيعمل عشرة أضعاف الأفقي .

ولإجراء هذا العمل يحسن جداً استخدام لفة متصلة من ورق المربعات المخصصة للقطاعات الطولية والمخصصة لرسم مساقط أفقية مع قطاعات طولية . بعد فحص المسقط الأفقي والقطاع الطولي في مرحلتهما الأولى فإنه يمكن إجراء التعديلات اللازمة في أحدهما أو كليهما مع مراعاة الترابط بينهما لتحقيق التناسق المرغوب وفي تلك المرحلة لا يتحتم على المصمم أن يشتغل بأي حسابات تخطيطية سوى ما هو لازم من الضوابط الرئيسية المعروفة بل إن معظم هذه الدراسة يجرى على أساس تحليل تخطيطي ولذلك فإن الأدوات المناسبة لرسم مساقط التخطيط الأفقي والرأسي هي القطع مرنة الانحناء ، مجموعة رسم منحنيات الطرق ، تشكيلة المنحنيات الغير منتظمة ، المساطر المستقيمة ، أما الخيط الأسود الثقيل والدبابيس المدببة فتستخدم في توقيع خطوط الانحدار ولا سيما في الأجزاء التي يكون الانحدار فيها مستمراً لمسافة طويلة بغير انكسار ومن الضروري أخذ عناصر التصميم ومحدداته في الاعتبار فبالنسبة للسرعة التصميمية المختارة يجب تحديد القيم الحاكمة للانحناء والانحدار ومسافة الرؤية والطول الانتقالي للرفع الجانبي ، وما إلى ذلك مع تحقيق كل هذا على الرسم . وأثناء تلك الخطوات قد يتطلب الأمر تعديل السرعة التصميمية للطريق في بعض الأجزاء كي تطابق ما يحتمل من تغييرات في سرعات تشغيل السيارات حيث قد تقع بعض التغييرات الملحوظة في خصائص التخطيط . إضافة إلى هذا يجب مراعاة اعتبارات التصميم العامة التي سبق شرحها في التخطيط الأفقي والرأسي كل على حدة واجتماع التخطيطين معاً . وعموماً فإنه ينبغي مراعاة جميع عوامل طبيعة الأرض ، وتشغيل المركبات والمنظر النهائي ، وتعمل التعديلات اللازمة في المسقط الأفقي والقطاع الطولي ويجري التنسيق بينهما قبل إجراء الحسابات التي تستنفذ وقتاً وجهداً كبيرًا وقبل البدء في تجهيز رسومات التنفيذ ذات المقياس الكبير . ويمكن عادة تحقيق التناسق بين التخطيط الأفقي

والرأسي من ناحية المنظر بإلقاء نظرة استعراضية على الرسومات الأولية التفصيلية وغالباً ما يؤدي هذا الإجراء إلى نتيجة طيبة إذا ما قام به مصمم طويل الخبرة . ويمكن تعزيز هذه الطريقة التحليلية بعمل نماذج أو رسومات منظورية للمواقع التي يكون الرأي فيها مختلفاً عن تأثير بعض التخطيطات الأفقية والرأسية المجتمعة معاً .

2-13 القطاعات العرضية للطرق

عرض الرصف والحارة المرورية

يتحدد عرض الرصف عن طريق عدد حارات المرور وعروضها ولا يوجد بين عناصر الطريق ما هو أكثر أثراً على الأمان وراحة السير من عرض الطريق وحالة سطحه . والحاجة ظاهرة إلى طرق ذات أسطح ناعمة غير زلقة وتلائم جميع الحالات . وتقل السعة الفعلية للطريق حينما توجد عوائق متاخمة للطريق مثل الحوائط الساندة أو سيارة متوقفة ولذا يجب المحافظة على الخلوص الأفقي بين حارات المرور وأي عائق جانبي حتى لا تؤثر بصورة كبيرة على سعة الطريق وبالتالي تؤثر على زيادة الحوادث وتقليل راحة المستخدم . ويعتبر عرض الحارة 3.65متر مرغوباً و 3.35 مقبولاً في المناطق الحضرية ومن الضروري استخدام حارة مرور إضافية عند التقاطعات وعند التقاطعات الحرة لتسهيل حركة المرور .

2-14 الميول العرضية للرصف

في الطرق الحضرية الشريانية يتم تنفيذ ميل عرضي في مناطق المماسات والمنحنيات الأفقية المنبسطة وذلك بعمل تاج في منتصف الطريق وإجراء ميل في كلا الاتجاهين في الطريق الحارتين وذلك بهدف صرف المياه إلى جانبي الطريق . وبصفة عامة يتم عمل ميل عرضي للرصف بحيث يكون اتجاه الميل إلى أماكن تجميع وتصريف مياه الأمطار. والميول الجانبية الحادة غير مرغوبة في أماكن

المماسات في التخطيط الأفقي لما يمكن أن تسببه من تأثير على المركبة وإمكانية انسياقها إلى الحافة الهابطة للطريق .. والميل العرضي حتى 1.5٪ مقبولٌ حيث لا يلاحظه السائق ولا يؤثر على المركبة .

15-2 مواصفات الحارات المساعدة

أ . حارة المواقف

على الرغم من أن حركة المركبات هي الوظيفة الرئيسية لشبكة الطرق إلا إنها أيضاً تخدم مواقف السيارات نتيجة لاستعمالات الأراضي .ويفضل في المناطق الحضرية عمل مواقف موازية للطريق ولا يسمح بالوقوف الزاوي كلما أمكن ذلك بسبب الاختلافات الواضحة في طول المركبات مثل شاحنات صغيرة أو ما شابه ذلك من الحافلات التي تتطلب طول إضافي مما يسبب ارتباك كبير في حركة السيارات على الطريق . وحارة المواقف تصمم لجميع الطرق المحلية والمجمعة وفي الدرجات الأخرى للطرق ويعمل كتف الطريق (Shoulder) بمثابة حارة موقف أو كمسافة متاحة للوقوف في حالات الطوارئ . وعرض الموقف 2.50متر من حافة حارة المرور إلى حافة البردوره والطول النموذجي للموقف 6.50متر .

ب . حارة الدوران

أقل عرض لحارة الدوران إلى اليمين أو اليسار 3.00متر ، ويستخدم في الطرق السريعة ذات السرعة التصميمية الأعلى عرض أكبر وفي الأماكن التي يتوقع وجود أعداد كبيرة من الشاحنات الثقيلة .

الباب الثالث

حركة المرور

3-1 الدراسات المرورية:

يتم القيام بالدراسات المرورية والمسوحات لتحليل خصائص المرور، تساعد هذه الدراسات في تقرير شكل التصميم الهندسي والتحكم المروري للأمان ،إن مختلف الدراسات التي عادة تتم هي:

- دراسة حجم المرور (Traffic Volume Study).
- دراسات السرعة (Speed Studies).
- دراسة السرعة اللحظية (Spot Speed Study).
- دراسة السرعة والتأخير (Speed and Delay Study).
- دراسة المصدر والهدف (Origin and Destination Study).
- خصائص سريان المرور (Traffic Flow Study).
- دراسة السعة المرورية (Traffic Capacity Study).
- دراسة المواقف (Parking Study).
- دراسة الحوادث (Accident Study) .
- دراسة حجم المرور (Traffic Volume Study).

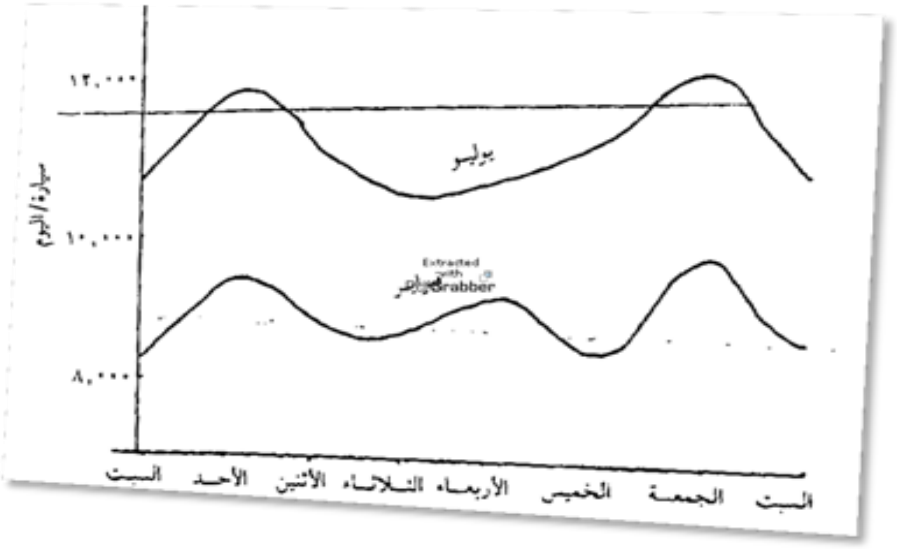
3-2 حجم المرور Traffic Volume:

يقاس حجم المرور على أي طريق بعدد المركبات التي تمر بنقطة معينة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية معينة ، ويعبر عنه بمتوسط حجم المرور اليومي (ADT) أو معدل السير اليومي السنوي(AADT .)

$$\textbf{Traffic volume} = \frac{vehicle}{time} \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots (1-3)$$

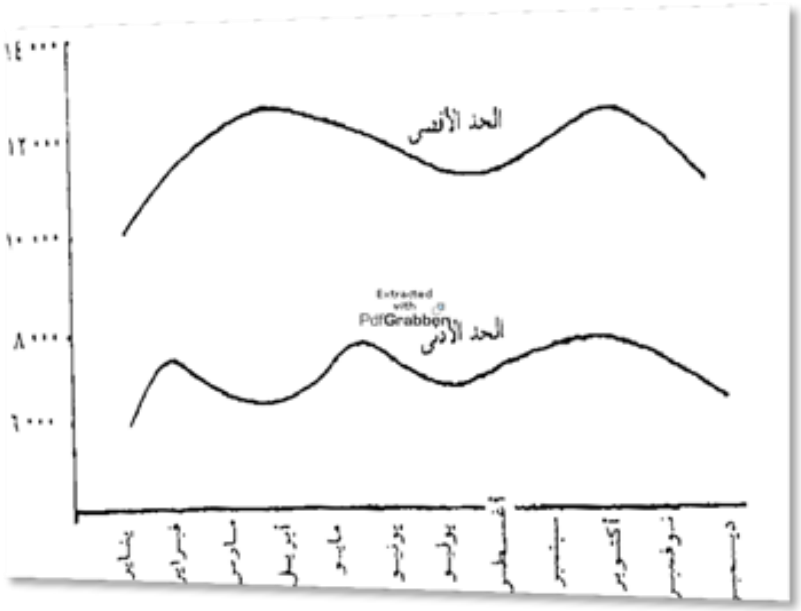
ويمكن أن يعبر عن حجم المرور بإحدى الطرق الآتية:

حساب حجم المرور في كل ساعة من ساعات اليوم الواحد كما في الشكل التالي:



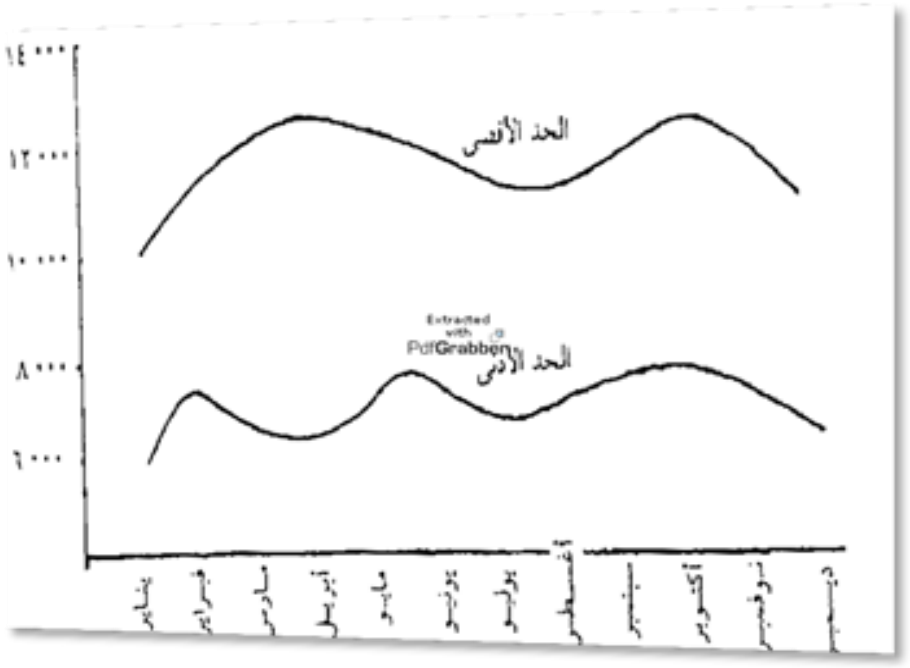
الشكل(3–1) يوضح تغيير حجم المرور في كل ساعة من اليوم الواحد

حساب حجم المرور في كل يوم من أيام الأسبوع على أساس تسجيل أكبر حجم من المرور في كل يوم ويمكن بهذه الطريقة تحديد الشهر الذي يصل فيه المرور إلى أعلاه أو أدناه ، الشكل التالي يوضح ذلك:



شكل(3–2) يوضح حجم المرور حسب أيام الأسبوع

حساب حجم المرور على مدار السنة على أساس الحد الأدنى والحد الأقصى في أيام كل شهر كما يتضح ذلك من شكل التالي:



شكل(3-3) يوضح تغير حجم المرور على مدار السنة

3-3 العد المروري:

وهو عبارة عن حصر تصنيفي واتجاهي للعربات المارة في نقطة معينة من الطريق ، ويستفاد من العد المروري في إيجاد حجم المرور اليومي والسنوي والساعي التصميمي الحالي والمستقبلي.

1/ الغرض من العد المروري: -

أ- قياس حجم وتركيب المرور في الوقت الحالي وتحديد حجم المرور المنتظر مستقبلا والذي يستطيع الطريق استيعابه.

ب- تحديد أهمية الطريق.

ج- من المكونات الأساسية المستخدمة لتصميم طبقات الرصف.

د- دراسة التقاطعات ونظم المرور وكيفية التحكم في مساره لإمكانية تطوير وتحسين انسياب المرور في ضوء حجم المرور.

هـ- التصميم الهندسي لشبكة الطرق على ضوء حجم المرور الحالي والمنتظر مستقبلا.

و-تصميم الأعمال الهندسية اللازمة مثلا لكباري العلوية ومنشآت الصرف الصحي وخلافه.

ز-معرفة الزيادة السنوية على الشوارع الرئيسية وذلك لإمكانية التنبؤ بحجم الحركة مستقبلاً.

ح-عمل حصر لمعدل حوادث المرور على شبكات الطرق.

ط-إعطاء صورة واضحة لضرورة اختيار مسارات بديلة منعدمة.

2/ طرق العد المروري:

العد المروري قد يكون لأحد الطرق التالية:

أ- العد لتحسين طريق موجود:

إذا كان هناك طريق موجود ويتطلب تحسين فإنه يتم العد عليه.

ب- العد لفتح طرق جديدة:

إما أن يتم تحديد بداية ونهاية الطريق المراد إنشاؤه ، ونرى إن كان هناك مركبات تتحرك من نقطة البداية ، ثم يتم العد في طرق لها نفس نقطة النهاية والذي قد تكون طويلة وصعبة ومنه نعرف حجم المركبات التي تتحرك من نقطة البداية يضاف إلى ذلك دراسة عامة للمركبات التي تستعمل طرقاً لها نفس النهاية ويتوقع أنها ستغير طريقها وتتحول إلى الطريق الجديد.

أو يتم العد في منطقة مشابهة للمنطقة من حيث التضاريس وعرض الطريق وعدد حاراته ووظيفته.

هنالك ثلاثة طرق رئيسية لإتمام عملية العد وهي :-

أ- العد الآلي.

ب- العد اليدوي.

ج- العد بطريقة العربة المتحركة.

أ/ العد الآلي :-

ويتم حصر عدد العربات المارة فقط بدون تحديد نوع العربة أو اتجاهها ، وهنالك نوعين احدهما دائم والآخر متنقل ، وتوضع هذه العدادات في منتصف المسافة بين التقاطعات وهي ملائمة في حالة العد لمدة طويلة ،وتستعمل فيها أنواع مختلفة من الأجهزة ومن أهمها تلك التي تعمل بالرادار أو الأشعة فوق

الحمراء أو العيون الكهروضوئية وغيرها ، ويمكن تقسيم الأجهزة المستخدمة في العد إلى :

- Electric contact device.
- Photo Electric device.
- Radar device.
- Pneumatic detectors.

ومميزاتها هي :

- يمكن استخدامها في الظروف الصعبة.
- غير مكلفة.

وعيوبها :

- هي أنه لا يمكن من خلالها تصنيف المركبات.

ب/ العد اليدوي:-

وهي الطريقة المثالية لحصر اتجاهات المرور وتركيب المرور (نوع العربات) وكذلك لحصر عدد الركاب وعدد المشاة وفي حالة وجود حارات متعددة وبحجم مرور كبير وفيه يقف الراصد عند محطة الرصد على أحد جانبي الطريق ومعه مجموعة من جداول الرصد حيث يتم ملئها بالبيانات المطلوبة.

- ومميزاتها هي :

يعتبر أدق طريقة لتصنيف المركبات.

- وعيوبها هي :

-مكلف.

-لا نستطيع عمله في بعض الظروف الجوية الصعبة.

طريقة العربة المتحركة:-

وهي عبارة عن عربة تتحرك على قطاع محدد خلال فترة زمنية محددة وبداخلها ملاحظ يقوم بعدّ

العربات في الحالات الآتية:

-العربات المارة في عكس اتجاه الراصد.

-العربات التي تتخطاها عربة الرصد.

ويتم هذا في حالة:-

-المسير في عكس اتجاه المرور.

-المسير في اتجاه المرور.

مدة العد : -

تتوقف مدة العد على الغرض المطلوب من العد وفترات العد الشائعة هي:

- عدّ (24) ساعة يوميا على مدار السنة.

- عدّ (24) ساعة لمدة أسبوع.
- عدّ نهاية الأسبوع.
- عدّ (16) ساعة من اليوم.
- عدّ فترات الذروة فقط.

تحويل العد المروري من (12) و (16) ساعة إلي (24) ساعة: -

وهو عبارة عن تضخيم العد المروري الأقل من (24) ساعة إلى أن يصبح مكافئ للعد المروري (24) ساعة ويتم ذلك وفقاً للتالي:

-يتم إيجاد النسبة المئوية للحجم المروري لكل ساعة في العد المروري من (24) ساعة.

-إيجاد معامل التحويل للعد المروري ل (16) ساعة ول (12) ساعة وذلك من خلال جمع النسب

المئوية التي لم يتم العد فيها ، وتعتبر هذه النسب هي الزيادة في حجم المرور الذي يجب إضافته

ويتم استخدام المعادلة التالية: -

$$\textbf{Factor} = \frac{\sum h}{100} + 1 \dots\dots\dots\dots\dots\dots (2-3)$$

حيث:

h= الساعات التي لم يتم العد فيها

-يتم تحويل العد المروري من (16) ساعة ومن (12) ساعة إلى(24) ساعة باستخدام المعادلات التالية :

$$DT_{(24)}=FACTOR_{(16)}*DT_{(16)} \dots\dots\dots\dots (3-3)$$

$$DT_{(24)}=FACTOR_{(12)}*DT_{(12)} \dots\dots\dots\dots (4-3)$$

3/ معامل زيادة المرور: –

زيادة حجم المرور تقدر عادة بحوالي (5%) كزيادة مركبة إلّا في الحالات الخاصة فإن هذه النسبة قد تزيد عن ذلك ولتقدير الزيادة في حجم المرور نأخذ الاعتبارات التالية:

- الزيادة العادية في حجم المرور.
- حجم المرور المتولد نتيجة لعناصر الجذب وتؤخذ في حدود (15 %) إلى (20 %)
- حجم المرور المتطور وتبلغ نسبته في حدود (5) إلى(15 %)
- الزيادة في استهلاك الوقود خلال السنوات السابقة.
- معدل الزيادة في عدد السكان.

3-4 المتوسط السنوي لحجم المرور: – (AADT)

حجم المرور السنوي الكلي مقسوماً على عدد أيام السنة.

أ/ المتوسط اليومي لحجم المرور: –(Average daily traffic)(ADT)

حجم المرور الكلي خلال فترة زمنية محددة ، أكثر من يوم واحد وأقل من سنة مقسوماً على عدد الأيام خلال هذه الفتره.

ب/ أقصي حجم ساعي سنوي للمرور:

هو أعلى حجم مروري ساعي يحدث في الطريق خلال السنة التصميمية.

ج/ كثافة المرور: (Traffic density)

عدد العربات التي تشغل وحدة طولية محددة من حارة أو عدة حارات من طريق عند لحظة معينة ويعبر عنها عادة عربة لكل كيلومتر.

الحاجة إلى معلومات الحجم المروري:

هي عبارة عن مقياس كمي لحجم المرور.

- يستخدم لتصميم شبكة الطرق.
- يساعد على تحديد نوع التحكم في التقاطعات.
- يستخدم في تحديد حجم المرور الساعي.
- يساعد في تحديد عرض الطريق.
- يستخدم في تصميم الإشارات الضوئية.
- يستخدم في دراسات التغيرات المرورية.

5/ حجم المرور الحالي والمستقبلي: -

لا نستعمل في التصميم المرور الحالي الذي سيستعمل الطريق عند فتحها لأن حجم المرور يزداد يوماً بعد يوم نتيجة لعدة عوامل منها الزيادة الطبيعية الناتجة عن زيادة السكان وزيادة استعمال السيارات ومنها المرور الذي سيتحول إلى الطريق والمرور الذي سينجذب إلى الطريق وكذا المرور الذي سيتولد في نفس المنطقة ، لذا لابد أن نستعمل المرور المستقبلي للتصميم وذلك من خلال اختيار عمر مناسب للطريق والذي يتراوح عادة بين (% 20 ~ 15) عام ومن ثم حساب المرور عند نهاية هذه الفترة ليكون هو حجم المرور التصميمي . ويتكون حجم المرور المستقبلي من التالي:

أ/ المرور الحالي:-

عبارة عن متوسط حجم المرور اليومي والذي تم الحصول عليه بالاعتماد على العد المباشر ، وهو المرور الذي سيستعمل المرور عند فتحها مباشرة.

ب/ المرور المتولد:-

هو المرور الذي لم يكن ليحدث لو لم تنشئ الطريق وذلك لأن الناس سيقومون باستعمال وسائل نقل جديدة كانت موجودة بوسائل نقل أخرى وهذا النوع يصل ما بين (5-25 %) وكلما كانت الطريق طويله ازدادت هذه النسبه .

ج/ المرور المنجذب:-

هو المرور المنجذب أو القادم من مناطق أخرى للاستفادة من التحسينات الجديدة على الطريق والتي لا تتوفر في المناطق الأخرى وهذا النوع يصل مابين (10-20%).

د/ المرور المتطور:-

يتولد هذا النوع من المرور من التحسين في المنطقة حيث يتم الاستفادة من الأراضي في استعمالات جديدة كالزراعة والسياحة والصناعة وهذا النوع يصل مابين (5-20%).

- **لتحديد حجم المرور التصميمي نتبع الخطوات التالية:**

أ/ حساب حجم المرور اليومي المتوسط :- (AADT)

وهو عبارة عن المعدل السنوي اليومي للمرور والذي يعد من المؤشرات الرئيسية لتحديد حجم المرور على الطريق ويحسب كالتالي:

$$AADT = \frac{ADT}{365} \dots\dots\dots\dots (5-3)$$

يتم حساب (AADT) بالاعتماد على المرور الحالي والمرور المتولد والمنجذب والمتطور كما تبين المعادلة التاليه :

$(AADT)_{by}$=AADT (1+ (5~25%)) + (10~20%) + (5~20%)

يتم اختيار العمر التصميمي ليتم إيجاد المرور عند نهاية الفترة من المعادلة التالية:

$$(AADT)_{dy} = (AADT)_{by} * (1 + G_{f)}{}^{n} \dots\dots\dots\dots (\mathbf{6-3})$$

حيث :

العمر التصميمي = n نسبة الزيادة السنوية = G_f

يتم تحويل جميع أنواع وحدات السير إلى وحدات مكافئة عن طريق معاملات ثم اعتبارها بناءً على خصائص المركبات وأوزانها ، والجدول التالي يبين هذه المعاملات للأنواع المختلفة للمركبات :

جدول (3–1) يبين المعاملات للأنواع المختلفة للمركبات

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1

3–5 العد المروري الخاص بالطريقة قيد البحث

أ/ منطقة العد:

يتم اختبار طريق موازي للطريق قيد البحث حيث انه ينتهي في نقطة تقع علي نفس الشارع الذي ينتهي فيه الطريق المقترح وهو شارع (ليبيا – دار السلام).

ب/ طريقة العد:

تم استخدام طريقة العد اليدوي والذي يعتبر من أدق الطرق حيث تم العد بشخصين على جانبي الطريق للعربات الداخلة والخارجة من الطريق.

ج/ مدة العد المروري: –

تم اختبار يومي الأحد والخميس للحصر الحركة في هذين اليومين الأحد يمثل بداية أسبوع العمل والخميس يمثل نهاية الأسبوع لذا متوقع هذين اليومين أكثر ازدحاما من ناحية حركة المرور.

تم العد كالأتي :

الأحد 8–10 صباحا و3–5 مساء

الخميس 8–10 صباحا و3–5 مساء

اليوم / الأحد – **الاتجاه**/ شرق إلي غرب – **الزمن** / 8–10 صباحا

نوع المركبة	ركشة+موتر+ عجلة	ملاكي+ أمجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	120	150	33	24	10
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	20	50	17	16	10

المجموع 113 شاحنه

اليوم / الأحد – **الاتجاه**/ غرب إلي شرق – **الزمن** / 8–10 صباحا

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	172	129	83	27	8
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	29	43	42	18	8

المجموع 140 شاحنة

اليوم / الأحد – **الاتجاه**/ شرق إلي غرب – **الزمن** 3–5 مساء

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	181	201	87	32	7
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	30	66	44	10	7

المجموع 157 شاحنة

اليوم / الأحد – الاتجاه/ غرب إلي شرق – الزمن 3–5 مساء

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	165	176	73	40	11
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	28	58	37	27	11

المجموع 161 شاحنة

اليوم / الخميس – الاتجاه\ شرق إلي غرب – الزمن 8–10 صباحا

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	175	184	75	51	12
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	29	61	38	34	12

المجموع 174 شاحنة

اليوم / الخميس – الاتجاه/ غرب إلي شرق – الزمن 8–10 صباحا

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	164	197	81	8	5
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	28	66	41	6	5

المجموع 146 شاحنة

اليوم / الخميس – الاتجاهٱ شرق إلي غرب– الزمن 3–5 مساء

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	190	192	78	4	6
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	32	64	39	3	6

المجموع 144 شاحنة

اليوم / الخميس – الاتجاه\ غرب إلي شرق– الزمن 3–5 مساء

نوع المركبة	ركشة+موتر + عجلة	ملاكي+ امجاد+بوكسي	حافلة 14 راكب	حافلة 24 راكب	بص+لوري+ شاحنة مفردة
العدد	189	183	76	3	8
معامل الشاحنة	0.167	0.33	0.5	0.67	1
	32	61	38	3	8

المجموع 142 شاحنة

د/ <u>اعلى حجم مرور</u> :

من الجداول السابقة نجد ان اعلي حجم مرور كان في يوم الخميس الفترة الصباحية (8 –10) الاتجاه (شرق غرب) وكان 174 شاحنة

حجم المرور خلال ساعتين = 174 شاحنة

خلال 16 ساعة =

$$\frac{100}{14.5} * 174 = 1200$$

خلال 24 ساعة =

$$\frac{100}{90} * 1200 = 1333.33$$

خلال اسبوع =

$$\frac{100}{14.5} * 1333.33 = 9195.379$$

خلال شهر =

$$9195.379 * 4 = 36781.517$$

خلال عام =

$$\frac{100}{9} * 36781.517 = 408683.5349$$

متوسط حجم المرور اليومي =

AADT=408683.5349/365 = 1119 شاحنه

خلال 20 عام =

$$ESAL = 408683.5349 * 20 = 8173670.698$$

(ESAL) = $8 * 10^6$

الباب الرابع

التجارب المعملية

4-1 الدمك
Compaction

يعرف الدمك بأنه عملية تقليص آنية لحجم التربة يتم بتخفيض حجم الفراغات المليئة بالهواء فقط ودون خروج أي ذرة من الماء أو تغير في نسبة الرطوبة لذلك يجب أن نفرق بين الرصف والتشديد.

التشديد (Consolidation) يعني خروج الماء من مسامات التربة بسبب الازدياد التدريجي في الضغط على حبات التربة المتماسكة غالباً .

طرق تحسين خواص التربة الميكانيكية: -

المعالجة عن طريق إملاء فراغات التربة جزئياً أو كلياً بإحدى الروابط كالأسمنت والكلس والبيتومين ، بواسطة تقليص فراغات التربة عن طريق طرد الهواء أو طرد الماء أو الاثنين معاً.

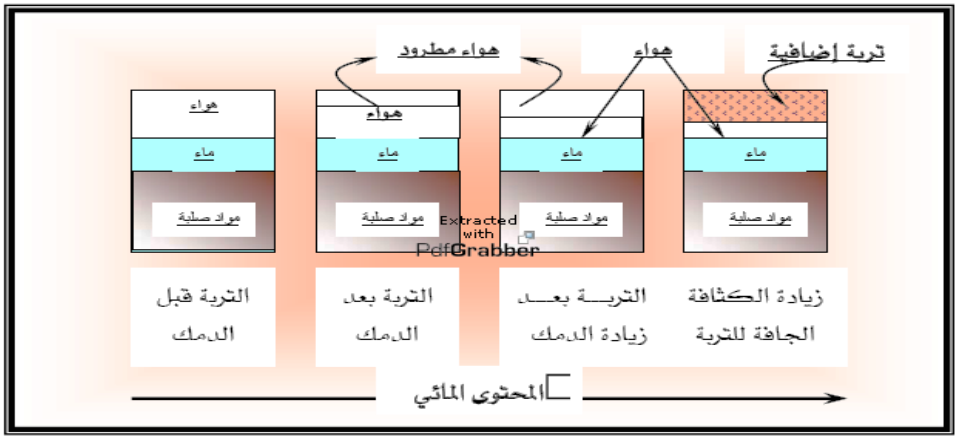
- **أهمية الدمك: -**

أ- زيادة كثافة التربة وبالتالي مقاومتها للأحمال وثباتها واستقرارها.

ب- تقليل نفاذية التربة وبالتالي ديمومتها واستقرارها.

ج- تقليل الهبو تحت تأثير الأحمال.

د- تقليل التغيرات الحجمية للتربة الناتجة من تعرضها للظروف المناخية المتقلبة أو تغير نسبة الرطوبة وطاقة الدمك ونوع التربة.



مراحل زيادة الكثافة الجافة للتربة

الشكل (4-1) يوضح عملية الدمك

2-4 اختبار بروكتور
BROCTOR Test

أولاً: أهمية التجربة:-

إيجاد مرجع قياسي يكون أساساً للاسترشاد في ضبط جودة الدمك الحقلي وتحقيق أفضل خواص هندسية في التربة .

ثانياً: الغرض من التجربة: -

1-إيجاد المحتوى الرطوبة الأمثل عند أقصى كثافة جافة لاستعمالها في اختبار (CBR.) وإيجاد أقصى كثافة جافة معملية ومقارنتها بالكثافة الجافة الحقلية وذلك لمعرفة درجة الدمك (D.O.C)

$$\text{D.O.C} = \frac{\gamma dry(field)}{\gamma dry\,(lab)} * 100 \geq 95\ \% \ldots\ldots\ldots\ldots (1-4)$$

2- تحديد الطاقة التي تتعرض لها التربة في الدمك في المعمل لتمثيلها على الطبيعة باستخدام أدوات ومعدات الدمك المختلفة.

ثالثاً: نظرية التجربة: -

نسبة الرطوبة تلعب دوراً هاماً في رصف التربة ، فحينما نضيف الماء إلى التربة فإن الماء يقوم بتغليف حبيبات التربة بطبقة رقيقة ويكون هنا كشد سطحي بين الحبيبات يعيق انزلاقها على بعضها تحت تأثير طاقة الدمك ولكن بزيادة نسبة الماء تدريجياً فإن سماكة الطبقة المحيطة بالحبات تزداد ، وبالتالي يؤدي ذلك إلى انخفاض في الشد السطحي من ناحية وإلى سهولة انزلاق الحبيبات على بعضها من ناحية أخرى ، وبالتالي يكون هنا كوضع آخر للحبيبات يعطي حجماً أقل (كثافة أكبر) ، وهكذا حتى الوصول إلى نسبة الرطوبة المثلي (O.M.C) ، حيث يلعب الماء دوراً عكسياً ، إذ يمتص الماء جزءاً من طاقة الرصف المطبقة ولأن الماء جسم غير قابل للانضغاط فيباعد بين حبيبات التربة وتقل الكثافة.

رابعاً: طرق إجراء الاختبار: -

هـ- اختبار بركتور القياسي (Test Standard Proctor)

و- اختبار بركتور المعدل (Modified Proctor Test)

خامساً: المواصفات الفنية: -

ASTM (D-698-78 & D-1557-78)

AASHTO (T-99-90 & T-180-90)

الطريقة الاولي: باستخدام الوعاء الأسطواني (10.60 ملم) ، وتربة مارة من منخل رقم (4) (4.45ملم) وزنها (3) كيلو جرام تقريباً.

الطريقة الثانية : باستخدام الوعاء الأسطواني (152.4 ملم) ، وتربة مارة من منخل رقم (4) (75. 4ملم) وزنها (7) كيلو جرام تقريباً.

الطريقة الثالثة : باستخدام الوعاء الأسطواني (101.60 ملم) ، وتربة مارة من منخل رقم (75 .0) (19ملم) وزنها) (5) كيلو جرام تقريباً.

الطريقة الرابعة : باستخدام الوعاء السوداني (152.4 ملم) ، وتربة مارة من منخل رقم (0.75) (19ملم) وزنها (11) كيلو جرام تقريباً .

الجدول (4-1) يوضح الفرق بين الدمك القياسي والدمك المعدل

طريقة بروكتر القياسية	طريقة بروكتر المعدلة
تستخدم من اجل الحصول على الحد الأدنى لطاقة الرصف الموقعية	تستخدم من أجل الحصول على الحد الأعلى لطاقة الرصف الموقعية
تستخدم عندما نريد أن تكون طاقة الرصف قليلة	تستخدم عندما نريد أن تكون طاقة الرصف كبيرة
تستخدم إذا أردنا استخدام تربة لطبقة ما تحت الأساس	تستخدم إذا أردنا استخدام تربة لطبقة الأساس
تستخدم للحصول على كثافة جافة منخفضة	تستخدم عندما تكون التربة خالية من الهواء أي مشبعة تماما

سادساً: الأدوات المستخدمة: -

أدوات الدمك وتشمل:

1) - قالب الدمك الاسطواني (Mold) حسب الطريقة المتبعة.

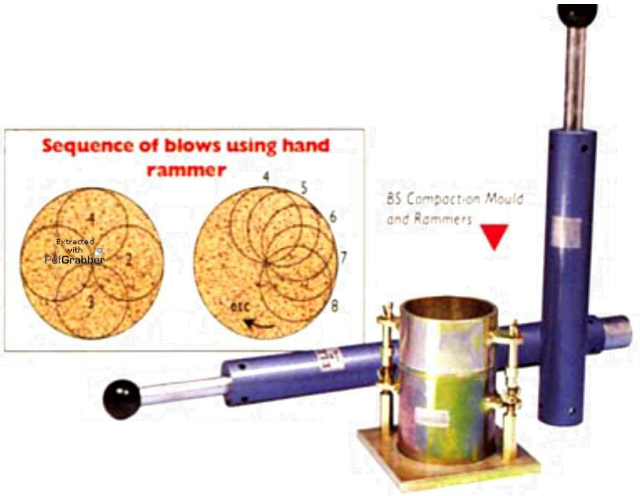
2) -حلقة (Collar) ، وقاعدة .(Base Plate)

3) -مطرقة الدمك (Rammer)،إما يدوية أو ميكانيكية.

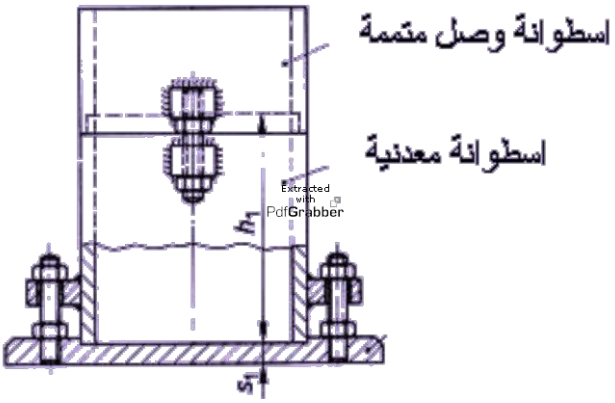
4) مناخل قياسية

5) اداه استخراج العينة

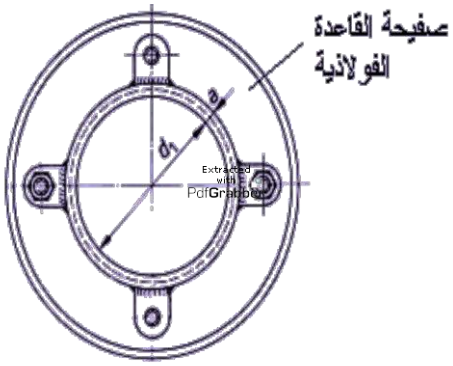
6) ميزان وفرن تجفيف



شكل (4-2) قاعدة وملاعق



شكل (4-3) جهاز الدمك



شكل (4-4) حلقة

شكل (4-5) مناخل

شكل (4-6) ميزان

سابعاً: خطوات التجربة : -

1) جهز حوالي (3) كيلو جرام من التربة المارة من منخل رقم (40) والتي تم تحديد نسبة الرطوبة الطبيعية لها ، ثم أضف إليها الماء للحصول على محتوى مائي حوالي (4) % أو (5 %) أقل من المحتوى الرطوبي الأمثل للتربة ثم اخلط التربة جيداً .

2) قم بقياس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة وليكن (W1).

3) اربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب.

4) أُدمك التربة على ثلاث طبقات في حالة استخدام الطريقة القياسية ، أو خمس طبقات في حالة استخدام الطريقة المعدلة ، ويتم دمك كل طبقة (25) مرة قبل

إدخال الطبقة التالية ، وذلك باستخدام المطرقة والارتفاع بالطريقة القياسية أو المعدلة التي سبق شرحها.

5) افصل الحلقة عنا لقالب وباستخدام المسطرة أزل التربة الزائدة لتتساوي مع سطح القالب ، وفي حالة وجود فجوات أضف مواد ناعمة أو خشنة لملء الفراغات.

6) قس وزن القالب الأسطواني مع القاعدة والتربة المدموكة (W2)

7) افصل القاعدة ثم استخرج عينة التربة باستخدام الرافعة.

8) خذ عينة ممثلة من التربة المدموكة من أسفل ووسط وأعلى القالب (حوالي 100 جم) لتحديد المحتوي المائي.

9) امزج التربة مع التربة المتبقية وأضف حوالي (% 2) من الماء واخلطهما جيداً.

10) كرر الخطوات من (4) إلى (8) عدة مرات حتى تلاحظ أن وزن القالب مع القاعدة والتربة بدأ يقل رغم زيادة الماء ثم سجل بعدها محاولتين.

الكثافة الرطبة للتربة (γwet) = وزن التربة ÷ حجم الوعاء

الكثافة الجافة للتربة (γdry) = الكثافة الرطبة للتربة ÷ (γwet + المحتوي المائي) .

ارسم الكثافة الجافة للتربة (γd) مع المحتوى المائي (W) على رسم بياني والتي ستشكل منحنى ومنه حدد الكثافة الجافة العظمى للتربة(γd max) ، وهي أعلى نقطة في المنحنى ويمثل المحتوي المائي لهذه النقطة المحتوى الرطوبي الأمثل (OMC).

شكل (4-7) خطوات تجربة بركتور

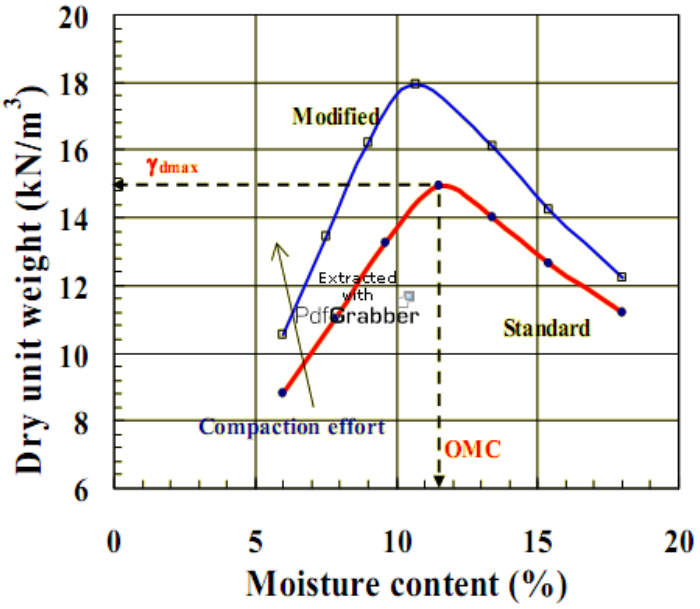
ثامناً: العوامل المؤثرة علي الدمك في المعمل: -

طاقة الرص: -

وفقاً لطاقة الرص المطبقة إحداثيات النهاية العظمى لمنحنى الرص تتغير تبعاً لذلك وبتغير إحدى العوامل التالية:

1) وزن المطرقة.
2) ارتفاع السقوط.
3) عدد الضربات.
4) حجم القالب المستخدم.

وبتغيرهذه العوامل فإن طاقة الرص تختلف ، وعليه فإن طاقة الرص في بركتور المعدل أكبر من طاقة الرص من بركتور القياسية ، ولكن اختلاف عدد الضربات ضمن نفس التجربة (25–56) يؤدي إلى اختلاف حجم القالب المستعمل (1\13 –1\30) بحيث تبقى طاقة الرص الحجمية لنفس التجربة ثابتة ويجب أن نلاحظ كلما زادت طاقة الرص من أجل نفس المواد فإن قيمة الكثافة ترتفع ولكن بالمقابل فإن نسبة الرطوبة المثلي تكون أقل.



شكل (4-8) يوضح العلاقة بين الكثافة الجافة والمحتوى الرطوبي

تاسعاً: نوعية التربة : –

من العوامل الهامة التي تؤثر على الرص" نوعية التربة "، فإذا قمنا بتثبيت طاقة الرص المستعملة ولتكن تجربة بروكتور النظامية ، فإننا نرى أن التربة الرملية السلتية هي التي تعطي كثافة جافة مرتفعة ، وعلى العكس ماهو متداول من رأي فإن منحنى الرص للتربة الغضارية هو أكثر تفلطحاً من منحنيات الرص للتربه الرملية أو الرملية السلتية .

نسبة العناصر الخشنة: –

هناك بعض التجارب أجريت من أجل تحديد تأثير نسبة العناصر الخشنة ، ومن هذه التجارب فقد أخذت

تربة ناعمة وأضيف إليها كمية متغيرة من مواد حصوية أقطارها(10 – 30mm) ، ونتيجة هذا الاختبار نرى أن قيمة الكثافة الجافة ترتفع ، وذلك نظراً لارتفاع قيمة الوزن النوعي بالنسبة للعناصر الخشنة ، ولكن حينما ترتفع نسبة العناصر الخشنة إلى حد لاتستطيع به التربة الناعمة إملاء الفراغات بين الحبيبات الخشنة ، فإن قيمة الكثافة الجافة تنخفض ، نرى أن القيمة والأعظمية للكثافة الجافة تبلغ حينما تكون نسبة العناصر الخشنة حوالي (40%) ومن أجل إدخال تأثير نسبة العناصر الخشنة في نتائج اختبار بروكتور.

هناك علاقات رياضية من أجل تصحيح قيمة الكثافة الجافة والأعظمية ونسبة الرطوبة المثالية ، وهي :

$$W_1 = (1 - X) * W \dots\dots\dots\dots (2-4)$$

$$\gamma_{d1(max)} = \frac{\gamma_{d(max)}}{1 - X(\frac{\gamma_{d(max}}{G * \gamma_w})} \dots\dots\dots\dots (3-4)$$

حيث أن :

γd1 (max) = الكثافة الجافة العظمى المصححة

γd (max) = الكثافة الجافة العظمى الناتجة من منحنى الرص.

G = الوزن النوعي للمواد الخشنة.

X = نسبة وزن المواد الخشنة المحجوزة على منخل (20mm)

$W1$ = نسبة الرطوبة المثالية المصححة.

W = نسبة الرطوبة المثالية الناتجة من منحنى الرص .

ملاحظة: –

هناك بعض الصعوبات التي يمكن أن نصادفها في تجربة بروكتور حين تحتوي التربة على عناصر حصوية ، في هذه الحالة يجب استبدال الحبيبات التي قطرها يتجاوز (20mm) ، والاستعانة عن وزن الحبيبات المستبعدة بوزن من حبيبات قطرها يتراوح (5–20mm) من نفس التربة ، ولكن عندما العناصر الحصوية هي المسيطرة ، في هذه الحالة يعتبر اللجوء إلى هذه الطريقة (طريقة الاستبدال بالوزن المكافئ) غير مقبولة لأنها تعطي خطأ لا بأس به وعملياً نقوم بتصحيح النتائج.

Sudan university of science and technology
College of Engineering
School Civil Engineering
Soil Laboratory

Proctor Test

أمتداد طريق جسر الانقاذ

Date:
7/5/2015

Location: الارض الطبيعية

Mould Number :-A
Volume of mould = **944** **g /cm3**
Weight of mould = **5037** ***g***

Sample No :1st

A- ***Density Calculations :-***

Test NO	1	2	3	4
Weight.of wet soil+mould (g)	6881	7110	7202	7170
Weight.of mould (g)	5037	5037	5037	5037
Weight.of wet soil (g)	1844	2073	2165	2133
Volume of mould (cm^3)	944	944	944	944
Wet density (g/cm^3)	1.953	2.196	2.293	2.260
Dry density (g/cm^3)	1.837	2.017	2.069	2.007

B- ***Moisture Calculations :-***

NO	17	7	18	35
Weight.of wet soil+container (g)	100.96	106.32	150.53	201.3
Weight.of dry soil+container (g)	96.2	99.35	137.55	181.69
Weight.of container (g)	21	21.02	17.71	26.06
moisture content(%)	6.33	8.90	10.83	12.60

C- ***Dry density-Moisture relationship:-***

O.M.C=11% **M.D.D=2.06 g /cm3**

CONTRACTOR	**CONSULTANT**
LAB ENG:	**REP:**
Name:	**Name:**
Sign:	**Sign:**

3-4 تجربة نسبة التحميل كاليفورنيا

C B R

ASTM D 18183

أولاً: الأهمية : -

تحدد هذه الطريقة نسبة قوة تحمل كاليفورنيا للتربة ولطبقات ما تحت الأساس والأساس للطرق بفحص عينات مختبريه مدموكة ، ويتعلق الفحص بشكل رئيسي بتحديد قوة المواد المتماسكة التي لا يتجاوز حجم أكبر الحبيبات فيها (19 ملم) .إذا استعملت مواد تحوي حبيبات أكبر من (19) ملم فيتم تعديل التدرج بحذف الجزء المتبقي والتعويض عنه بمواد مارة من منخل (19 ملم) ومتبقية على منخل (4.75 ملم) ، بشكل يجري الفحص على المواد المارة من منخل (19 ملم) ، نجري هذا التعديل لكي نتجنب الأخطاء في الفحص نتيجة وجود مواد كبيرة ، يمكن أن تختلف خواص المواد المعدلة عن المواد المفحوصة ولكن هذه الطريقة تعتبر كافية وملبية لحاجة المهندس .يتم تحديد نسبة قوة تحمل كاليفورنيا على مواد تحوي نسبة الماء الأصولية أو على عدة نسب ماء تحقق دمكاً معيناً وكثافة جافة معينة كنسبة من الكثافة الجافة القصوى المحددة في الطريقة القياسية والمعدلة ، ولذلك يجب تحديد نسبة الماء والكثافة الجافة المطلوب تحديد نسبة قوة كاليفورنيا عليها وتستعمل نتيجة الفحص كجزء متمم لعملية تصميم رصف الطرق المرنة .إذا كان تأثير ماء الدمك على نسبة قوة تحمل كاليفورنيا صغير مثل التربة الخشنة ، والتربة غير المتماسكة يتم فحص القوة على عينات تحوي نسبة الماء الاصولية التي تحقق درجة الدمك المطلوبة ، أما إذا كان تأثير ماء الدمك غير معروف أو نريد معرفة تأثيرها يتم فحص القوه علي عينات تحوي عده نسب من الماء.

ثانياً: الأدوات: –

1/ جهاز تحميل بقدرة لاتقل عن (44.5 كيلو نيوتن) ولها رأس متحرك أو قاعدة متحركة بسرعة منتظمة مقدارها (1.27 ملم) في الدقيقة ، لكي تجعل عمود الاختراق يخترق العينة ويزود الجهاز بحلقة عليها مقياس يقيس الثقل لحدود (44 نيوتن) أو أقل.

شكل (4–9) يوضح جهاز التحميل

2/ قالب أسطواني: –

من معدن قاسي قطره الداخلي (0.66 ± 152.4 ملم) وارتفاعه (0.46 ± 177.8 ملم) مع حلقة إضافية بارتفاع (50.8 ملم) وقاعدة معدنية ، عند تثبيت القاعدة في القالب يصبح حجم القالب بدون القطعة الإضافية (25 ±2124 $سم^3$)

شكل (4–10) صورة القالب الاسطواني

3/ قرص تباعد مستدير– قطره (150.8ملم) وينزلق بسهولة في داخل القالب وارتفاعه (0.127 ± 61.37ملم)

4/ مطرقة للدمك كما هو منصوص في تجربة الدمك القياسية أما المعدلة أو تستعمل المطرقة القياسية.

5/ جهاز قياس التمدد في العينة يقيس مقدار الانتفاخ في العينة أثناء غمرها بالماء.

6/ اوزان مؤلفة من حلقات مثقوبة من الوسط ومجموع أوزانها (0.02 ± 4.54 كجم)، وحلقات مثقوبة من الوسط ومفتوحة من الجانب ووزن كل واحدة ± 2.27 (0.02 كجم) يكون قطر الحلقات غير المفتوحة 150.810 ~ (149.23 ملم) وقطر الثقب (53.98 ملم.)

7/ عمود اختراق– قطره (0.13 ± 49.63 ملم) وطوله (101.6 ملم) على الأقل، وقد يكون من المستحسن استعمال عمود أطول.

د– أدوات أخري وعاء خلط ، سكين تسوية ، حوض ماء للغمر ، أوعية ، فرن ، أوراق ترشيح .مناخل (19ملم، 4.75 ملم).

ثالثاً: العينات: –

تحضر العينات كما هو مذكور في طريقة الدمك القياسية أو المعدلة وتدمك في القالب إذا كانت المادة تمر من منخل (19 ملم) تدمك العينة كما هي دون تعديل ، إذا تبقى جزء منها على المنخل (19) يتم إزالة هذا الجزء والتعويض عنه بمادة تمر من منخل (19) وتبقى على منخل (4.75 ملم) .

نعمل تجارب لتحديد نسبة الماء الأصولية بطريقة الدمك القياسية أو المعدلة حسب ماهو مطلوب . إذا أردنا تحديد (CBR) على أقصى كثافة جافة ونسبة الماء الأصولية تدمك العينات في قالب (CBR) على نسبة الماء القياسية باستعمال طريقة الدمك القياسية أو المعدلة.

إذا أردنا تحدي (CBR) على نسبة الماء الأصولية ونسبة مئوية معينة من الكثافة الجافة القصوى ، يتم دمك (3) عينات على نسبة الماء الأصولية مع استعمال طريقة الدمك القياسية وتغيير عدد الضربات لكل عينة حتى يتم الحصول على الكثافة الجافة المطلوبة ، يتم تغيير عدد الضربات لكي نحصل على كثافة أعلى وكثافة أقل من الكثافة المطلوبة.

مثلا إذا أردنا نسبة قوة تحمل كاليفورنيا لتربة كثافتها (% 95) من الكثافة الجافة القصوى ، نستعمل عدد من الضربات مقداره (10،30،56) ضربات لكل طبقة في العينات الأولى والثانية والثالثة على التوالي وتجرى تجربة (CBR) على الثلاث عينات.

تؤخذ عينة من المادة قبل البدء بالدمك وعينة من المواد المتبقية بعد الدمك لتحديد نسبة الرطوبة.

يتم تجميع القالب مع القاعدة ، وتوضع الحلقة الإضافية ، كما يدخل قرص التباعد فوق القاعدة ثم توضع ورقة ترشيح وتدمك العينة في القالب فوق ورقة الترشيح ، يتم رفع القبة ثم تقلم العينة لتصبح مسح مع حواف القالب باستعمال سكين التسوية ، يتم ملء الفراغات الكبيرة بمواد أصغر ويتم ملء مكان الحبات الكبيرة بمواد أصغر.

تفك القاعدة وقرص التباعد وتوزن العينة مع القالب.

يتم وضع ورقة الترشيح على القاعدة ويوضع القالب مقلوباً مع العينة عليها ويثبت القالب بالقاعدة لتلامس العينة ورقة الترشيح.

توضع الأوزان فوق القرص وتنزل برفق فوق العينة ، ثم توضع أوزان تعادل وزن الرصفة ولا يقل عن (4.54) كجم حتى ولو لم يكن هناك رصفة ، ويغمر القالب بالماء مع السماح للماء للوصول إلي سطح العينة وأسفلها ، تؤخذ قياسات أولية للانتفاخ وتترك العينة في الماء (96) ساعة مع بقاء سطح الماء ثابت يمكن تقصير فترة الغمر للمواد الخشنة التي تمتص الماء بسرعة أو إذا تبين أن ذلك لا يؤثر على النتائج ، تؤخذ قراءات الانتفاخ كنسبة مئوية من ارتفاع العينة الأصلي تخرج العينة من القالب من الماء وتترك لمدة(15) دقيقة دون إحداث اضطراب بالعينة ، يمكن إمالة العينة لتصريف ماء السطح. ترفع الأثقال ، والقاعدة ، وورقة الترشيح ويتم تحديد الوزن.

رابعاً: فحص الاختراق: -

أ- ضع أحمال فوق العينة توازي وزن الرصفه فوق التربة ولا يقل الوزن عن 4.54(كجم) حتى ولو لم يحدد وجود رصفه ، وإذ سبق وأن نقعت العينة توضع نفس الأحمال التي وضعت أثناء النقع.

ب- وحتى نمنع صعود التربة منفتحة الأوزان ، ثم يوضع الوزن المؤلف من حلقة مثقوبة أولاً على سطح العينة قبل وضع عمود الاختراق ثم توضع الأوزان .

ج- أوقع حملاً صغيراً لايزيد على (44 نيوتن) ، يتم تصفير مقاييس قراءة الحمل والاختراق ، وهذا الحمل _الأولي_ ضروري لنضمن تثبيت العمود في مكانه ويجب أن نعتبر هذا صفراً عند البدء بإيجاد علاقة الثقل والاختراق.

د- باشر بإيقاع الأحمال بحيث تكون سرعة الاختراق (1.27) ملم في الدقيقة ، وسجل الأحمال عند

اختراق (0.64،1.27،1.91،2.54،3.18،3.81،4.45،5.08،7.62،10.16، 12.7 ملم،) راقب أقصى حمل واختراق إذا حدث ذلك قبل اختراق (1.27 ملم)، أحسب مقدار اختراق العمود الكلي للعينة بقياس المسافة من حافة القالب إلى أسفل سطح العمود ، يجب أن تكون المسافة قريبة جداً من قراءة الاختراق ، وإذا لم يحدث ذلك اعمل فحصاً آخر على عينة أخرى .

هـ- اخرج العينة من القالب وخذ عينة على عمق بوصة وحدد نسبة الرطوبة فيها ، ويكون وزن العينة (100) جم للتربة الناعمة و(500) جم للتربة الخشنة.

خامساً: الحسابات: -

أ- احسب الإجهاد (Mpa) لكل نقطة اختراق وارسم منحنى الإجهاد والاختراق (الشكل) ، إذا كانت بداية المنحنى مقعرة للأعلى نتيجة عدم استواء سطح العينة، يتم عمل تصحيح للمنحنى بعمل امتداد للجزء المستقيم ليلاقي محور السينات في نقطة تصبح هي الصفر.

ب- بعد التصحيح نجد الاجهادات المقابلة لاختراق مقداره (2.454 ملم) و (5.08ملم) ويقسم ذلك على (6.9ميجاباسكال) وعلى (10.3ميجاباسكال) على

التوالي ، وتكون هذه النتائج هي نسبة قوة تحمل كاليفورنيا ، تحسب نسبة قوة تحمل كاليفورنيا لأقصى اجهاد إذا كان الاختراق أقل من

(5.08ملم) ، تكون النسبة على الحمل الأقل هي المعتمدة وتكون عادة هي الأعلى، ولكن إذا وجدت الثانية أكبر يعاد الفحص ، فإن تأكد مرة ثانية أن النسبة على الاختراق الاكبر من تلك

المحسوبة للاختراق الأصغر تؤخذ الأعلى.

$$C\ B\ R = \frac{\text{الحمل (الاجهاد) اللازم لاحداث مسافة غرز معينة}}{\text{الحمل (الاجهاد) القياسي لاحداث نفس مسافة الغرز}} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-4)$$

ج– عند الحصول على ثلاث نتائج (CBR) على نسب مختلفة من نسب الماء والوزن الجاف ، نرسم

(CBR) مقابل وحدة الوزن الجاف حدد (CBR) المستعملة في التصميم المقابل للنسبة المئوية المطلوبة لكثافة التربة الجافة بالنسبة للكثافة القصوى ، وهذه هي (CBR) المستعملة للتصميم على نسبة ماء واحدة.

د– إذا أردنا استعمال (CBR) للتصميم على عدة نسب ماء يتم رسم المعلومات التي حصلنا عليها عينات الدمك المختلفة . يتم اختيار (CBR) التي تقع ضمن مدى كمية الماء المنصوص عليها والتي لها وحدة وزن جاف نبين الحد الأدنى المطلوب ومن ذلك الذي نحصل عليه بالدمك ضمن مدى محتوى الماء.

Sudan University of science and technology

College of Engineering

School Civil Engineering

Soil Laboratory

CBR Test

Location: امدرمان الطريق الدائري

Testing Date: 7/5/2015 **R.F** = 0.025

Material: **Natural soil** **CBR** = 8.4%

Preparation (mm)	Reading P.R.R	Force (KN)	Stander Load (KN)	CBR %
0.00	0			
0.64	12			
1.27	18			
1.91	28			
2.54	45	1.125	13.34	8.4
3.18	49			
3.81	53			
4.45	58			
5.08	60	1.5	19.96	7.5
5.72	66			

Remarks:.....

.....

.....

الباب الخامس

التصميم

5-1 طريقة التصميم :-

هنالك عده طرق تستخدم لتصميم رصف الطرق وتختلف فيما بينها بعدد من العوامل وسنسرد بعضا منها وهي :-

- طريقه المذكرة البريطانية رقم 31 الحديثة

Road Note 31

التصميم بالمذكرة البريطانية رقم (31) الحديثة

أولا :-

- بما أن الحمل المحوري التراكمي طيلة العمر التصميمي (ESA) يساوي 8×10^6 إذن نستخدم من مفتاح كتالوج المذكرة البريطانية رقم (31) .(T6)
- بما أن قوه تحمل التربة الطبيعية (CBR) تساوي (8%) من كتالوج المذكرة البريطانية رقم (31) نستخدم (S4).

ثانيا :-

رسم البدائل ويكون بمقاطعه (T6) مع (S4) في الكتالوج الخاص بالطريقة البريطانية رقم (31).

- CHART (1)

SD		19
GB		225
GS		275

الشكل رقم (5-1) يوضح البديل رقم (1) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (2)

SD		19
GB		150
CB_1		125
CB_2		125

الشكل رقم (5–2) يوضح البديل رقم (2) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (3)

Ag		50
GB		200
GS		275*

الشكل رقم (5–3) يوضح البديل رقم (3) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (4)

Ag		50
GB		150
GB_1		250

الشكل رقم (5–4) يوضح البديل رقم (4) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (5)

AC		100
GB		200
GS		175

الشكل رقم (5-5) يوضح البديل رقم (5) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (6)

AC		100
GB		150
GB_2		175

الشكل رقم (5-6) يوضح البديل رقم (6) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART(7)

Ag		50
BB		150
GS		200

الشكل رقم (5-7) يوضح البديل رقم (7) من كاتالوج المذكرة البريطانية

- CHART (8)

SD		19
CB2		200
CS		200
GC		100

الشكل رقم (5-8) يوضح البديل رقم (8) من كتالوج المذكرة البريطانية

- بما أن الشارع في العاصمة الخرطوم (أم درمان) إذا لا يمكن عمل شارع داخلي بطبقة معالجة سطحية لان الحركة تكون عالية وبالتالي نستبعد أي خيار يحتوي علي SD.
- تستبعد الخيارات التي تحتوي علي طبقات تحسين CB_1 ، CB_2 ، Cs لأن شوارع أم درمان لا تحتاج إلي تثبيت.
- نستبعد الخيار الذي يحتوي علي BB لعدم استخدامها وشيوعها هنا في السودان.

أذا من المخططات نجد انه يوجد بديل هو :

- Chart (5)

AC		100
GB		200
GS		175

الشكل رقم (5-5) يوضح البديل رقم (5) من كتالوج المذكرة البريطانية

البديل الامثل هو :

الشكل رقم (5) يوضح البديل رقم (5) من كتالوج المذكرة البريطانية

ثالثاً: سبب الاختيار:

بما أن الطريق المراد تصميمه من الطرق التي يتوقع مرور أحمال ثقيلة به وهو يمثل إحدى الطرق الرابطة بين عدة مناطق حيوية ، إذن فإن البديل المناسب هو البديل الخامس ، وذلك للآتي:

(1) نسبة لجودة المواد المستخدمة في الطبقة السطحية فهي من الخرسانة الإسفلتية على الساخن وهذه الطبقة تتحمل معظم الأحمال.

(2) نسبة لسمك طبقة الأساس والاساس المساعد وتوفر المواد لهذين الطبقتين.

(3) مواد طبقة الأساس والأساس المساعد مناسبة لتربة المنطقة.

رابعاً :-

وصف مواد الطبقات.

- **AC :**

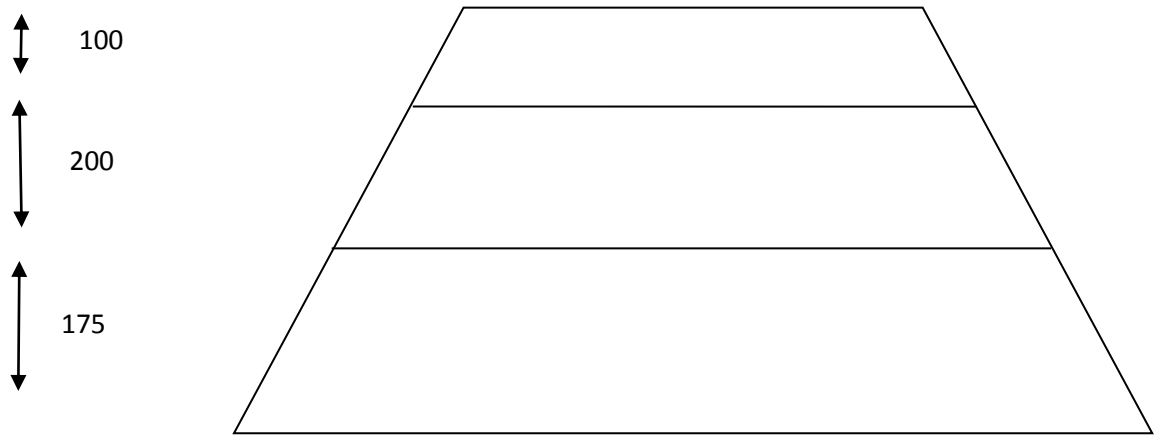
وهي أجود الأنواع من الخرسانة الإسفلتية على الساخن، سمكها أقل وتحتها طبقة رابطة ويكون سمكها أكثر من العليا وهي ناعمة الملمس، سمكية، مقفلة ، تعتمد قوتها ومقاومتها على كل من التماسك بين الركام ونوعية الإسفلت والبدرة.

- **GB :**

هـي طبقـة الأسـاس الحصـوية وهـذا التعبيـر لـه أنـواع كثيـرة مـن الوصـف والتـدرج يبـدأ مـن الحجـارة المكسـرة المكثفـة التـدرج وهـي (GB_1) ثـم (GB_2) وتشـمل أنـواع المكـادام علـى الناشـف والمكـادام المـائي. وهـي نفـس خـواص الطبقـة (GB_1) معامـل اللدونـة لا يقـل عـن 6%، يسـتعمل فـي المنـاطق التـي يتعثـر وجـود المـاء فيهـا أو غاليـة التكلفـة حجـم المـواد حـوالي 50mm والمـواد الناعمـة تمـلأ فراغـات المـواد الخشـنة ثـم تـدمك بدرادقـه ثقيلـة العجـلات وتجـري التجـارب المعمليـة المطلوبـة مـن صـلابة الركـام والمتانـة وتشـكل الحبيبـات وغيرهـا. و(GB_3) و (GB_4) هـي مـن الخرسـانة الترابيـة الطبيعيـة وهنالـك تدرج للجودة.

- **GS :**

هـي طبقـة الأسـاس المسـاعد الحصـوية الحـد الأدنـى لـ CBR 30% والـدمك لا يقـل عـن 95% مـن تجربـة بروكتـر للـدمك بالعمـل الثقيلـة الـوزن (4.5kg) للمطرقة وان تكون نسبة الرطوبة المثالية (O.M.C).



الشكل (5–9) الرسم التوضيحي لطبقات الرصف

الباب السادس

6-1 الخلاصه:

نسبة لأهمية الطرق وما تلعبه من دور هام وأساسي في تطوير الدول وخاصة الأقطار كبيرة المساحة مثل السودان كان لابد من دراسة نموذج لأحد الطرق الهامة وتصميمها بتطبيق واحد من أهم طرق التصميم عليه وهي (RN-31) وقد خلصت هذه الدراسة إلى الآتي:

1/ الحصر المروري:

تمت عملية الحصر المروري في الطريق الموازي (ليبيا – دار السلام) للطريق موضوع الدراسة (امتداد شارع سوق ليبيا) ساعة الذروة وتم حساب عدد المركبات التي تمر في هذا الطريق وتحويلها غلى شاحنات مكافئة ومن ثم حساب الحمل التصميي طيلة العمر التصميمي للطريق وهي عشرون سنة وهو الثقل المحوري النموذجي (ESAL) والذي يساوي $8 * 10^6$.

2/ التجارب المعملية:

تمت في هذه الدراسة إجراء تجربة (CBR) وذلك لمعرفة قوة تحمل الطبيقة التأسيسية (subgrade soil) للأحمال المارة على الطريق وقد تم أخذ العينات لهذه التجربة من مسار الطريق وتم اختيار متوسط نوعية التربية، وقد حددت قيمة (CBR) 8% لهذا الطريق.

3/ التصميم الإنشائي:

بعد تحديد قيمة الثقل المحوري النموذجي (ESAL) وتحديد قيمة (CBR) تمت عملية التصميم باستخدام المذكرة البريطانية رقم (31) (RN-31) وقد تم اختيار هذه الطريقة لأنها خصصت للدول أو المناطق المدارية وشبه المدارية وتستخدم هذه

الطريقة في معظم دول العالم. كما أن هذه الطريقة توفر من (8) إلى (12) بديل للتصميم يمكن اختيار البديل المناسب منها.

وقد تم في هذه الدراسة اختيار البديل الخامس لأن الطبقة السطحية من الخرسانة الإسفلتية على الساخن وتعتبر من أجود الأنواع وطبقة الأساس والأساس المساعد عبارة عن خرسانة حصوية والطبقة التأسيسية عبارة عن مواد حصوية وردميات مختارة وأيضاً لأن البدائل الأخرى تحتوي على مواد مثبتة للتربة في طبقتي الأساس والأساس المساعد ولا تحتاج هذه التربة إلى مواد مثبتة.

6-2 التوصيات:

(1) كما نوصي بإجراء تجارب معملية لعمل خرطة بها قوة تحمل التربة بمختلف مناطق الولاية وأيضاً عمل حصر مروري معتمد يوضح نسبة نمو حركة المرور إلى 15 عام القادمة. وأيضاً تشمل التوصية عمل حصر لمواد طبقات الرصف من سطحية أساس وأساس مساعد لتوضيح أماكن جلبها وعمل التجارب المعملية لها. لكل طبقة من طبقات الرصف والأساس المساعد والردميات مواصفات معينة يجب الالتزام بها.

(2) يجب الاهتمام بطبيعة الأرض للمنطقة وكذلك زيادة الكثافة السكانية واحتمالية زيادة حركة المرور.

المراجع:

- أحمد محمد جاد ، هندسة الطرق الحضرية والخلوية ، عالم الكتب، (1999).
- السيد عبد الفتاح القصيبي ، ميكانيكا التربة ، دار الكتب العالمية للنشر والتوزيع (1999).
- جامعة الملك سعود ، دليل المختبر لمشاريع الطرق ، (1426هـ).
- Transport Research laboratory (TRL), overseas road note 31,united kingdom, 1993

الملاحق

KEY TO STRUCTURAL CATALOGUE

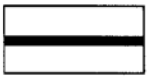
Traffic classes
(10^6 esa)

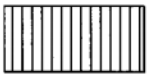
T1 = < 0.3
T2 = 0.3 - 0.7
T3 = 0.7 - 1.5
T4 = 1.5 - 3.0
T5 = 3.0 - 6.0
T6 = 6.0 - 10
T7 = 10 - 17
T8 = 17 - 30

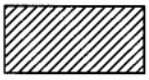
Subgrade strength classes
(CBR%)

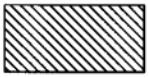
S1 = 2
S2 = 3 , 4
S3 = 5 - 7
S4 = 8 - 14
S5 = 15 - 29
S6 = 30+

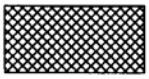
Material Definitions

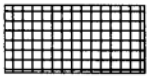

Double surface dressing

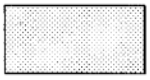

Flexible bituminous surface


Bituminous surface
(Usually a wearing course, WC, and a basecourse, BC)

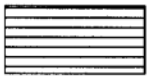

Bituminous roadbase, RB


Granular roadbase, GB1 - GB3


Granular sub-base, GS


Granular capping layer or selected subgrade fill, GC

Cement or lime-stabilised roadbase 1, CB1


Cement or lime-stabilised roadbase 2, CB2

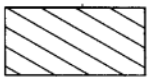
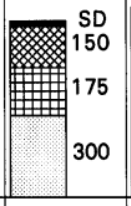
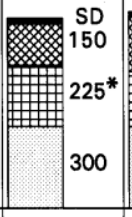
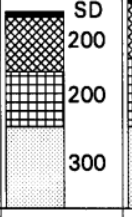
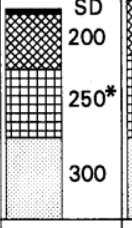
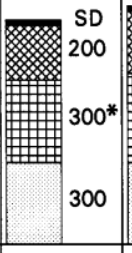
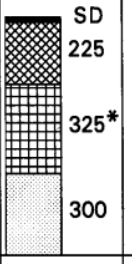
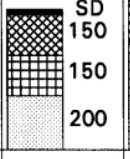
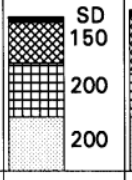
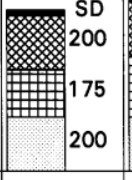
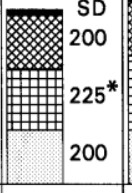
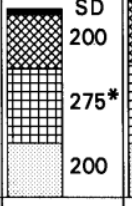
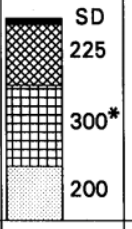
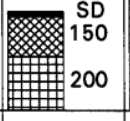
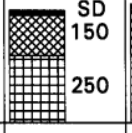
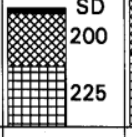
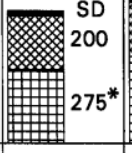
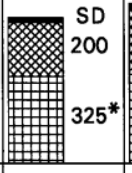
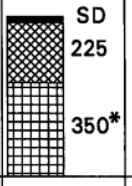
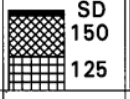
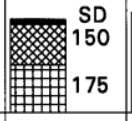
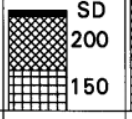
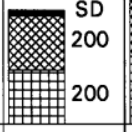
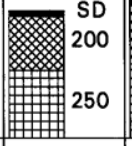
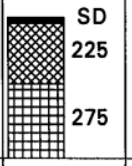
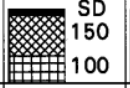
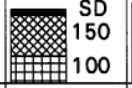
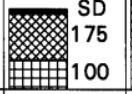
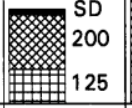
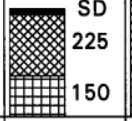
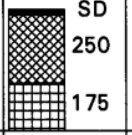

Cement or lime-stabilised sub-base, CS

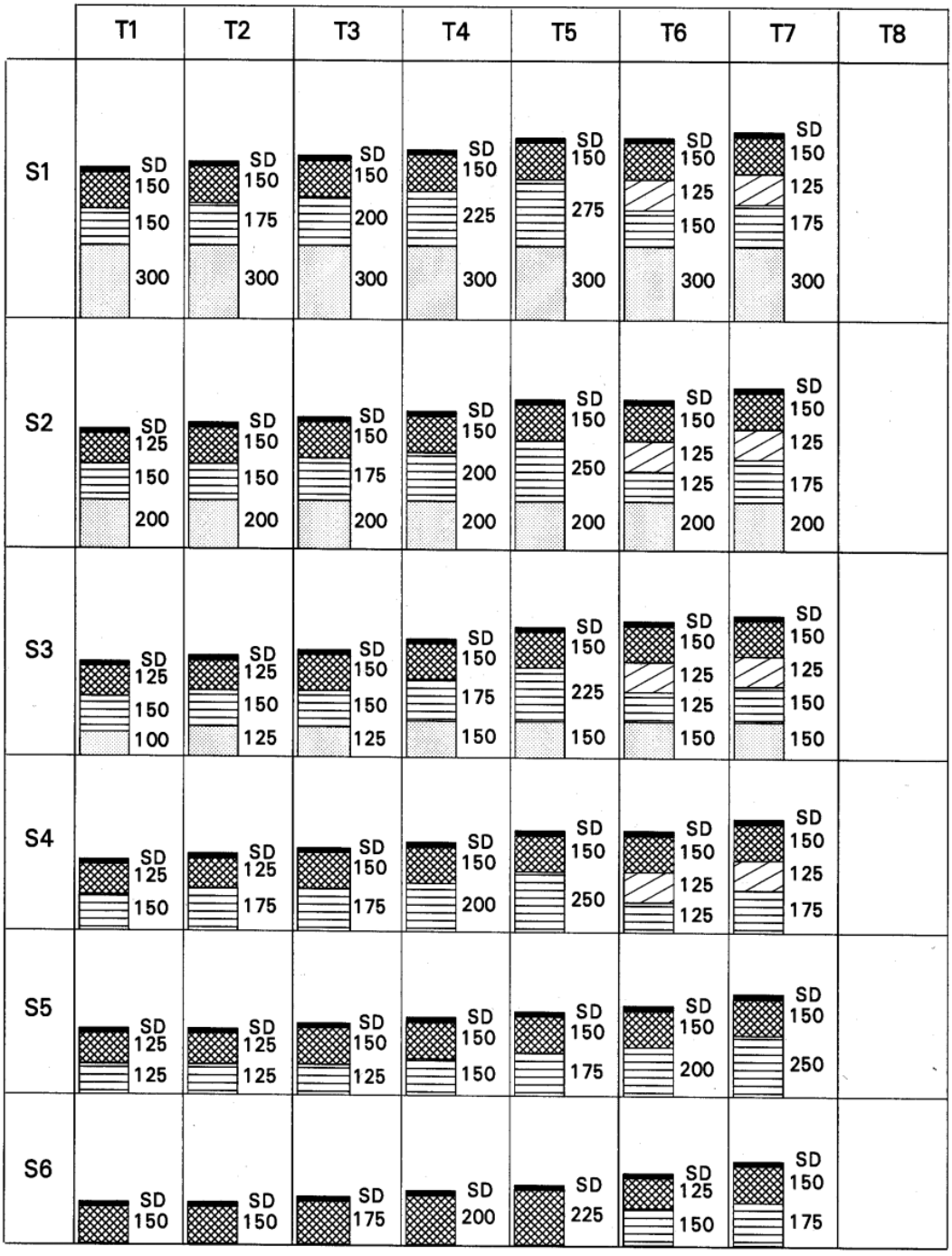
CHART 1 GRANULAR ROADBASE / SURFACE DRESSING

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
S1								
S2								
S3								
S4								
S5								
S6								

Note: 1 * Up to 100mm of sub-base may be substituted with selected fill provided the sub-base is not reduced to less than the roadbase thickness or 200mm whichever is the greater. The substitution ratio of sub-base to selected fill is 25mm : 32mm.

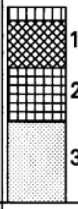
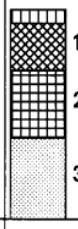
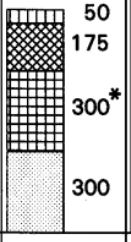
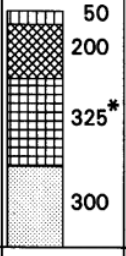
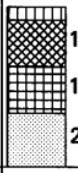
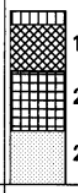
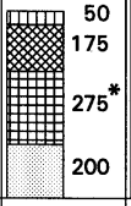
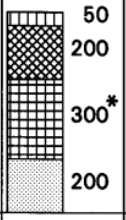
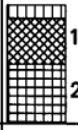
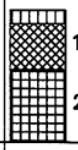
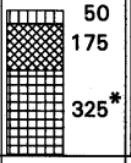
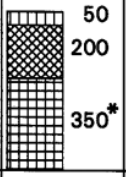
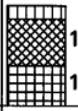
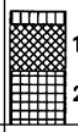
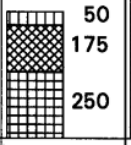
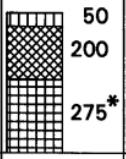
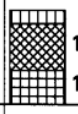
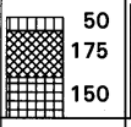
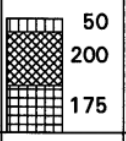
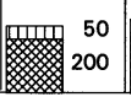
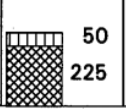
2 A cement or lime-stabilised sub-base may also be used.

CHART 2 COMPOSITE ROAD BASE (UNBOUND & CEMENTED) / SURFACE DRESSING



Note: Sub-base to fill substitution not permitted.

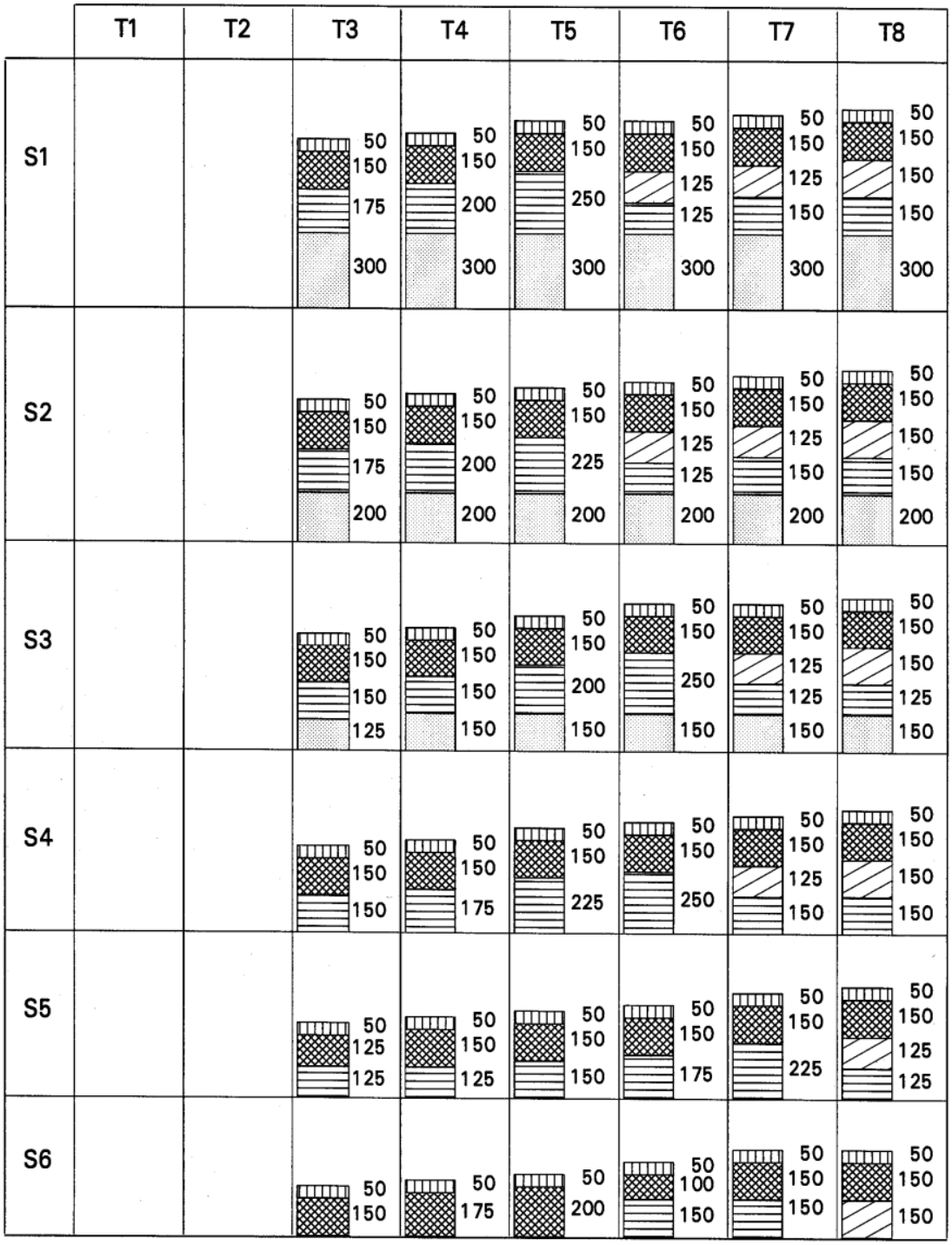
CHART 3 GRANULAR ROADBASE / SEMI-STRUCTURAL SURFACE

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
S1								
S2								
S3								
S4								
S5								
S6								

Note: 1 * Up to 100mm of sub-base may be substituted with selected fill provided the sub-base is not reduced to less than the roadbase thickness or 200mm whichever is the greater. The substitution ratio of sub-base to selected fill is 25mm : 32mm.

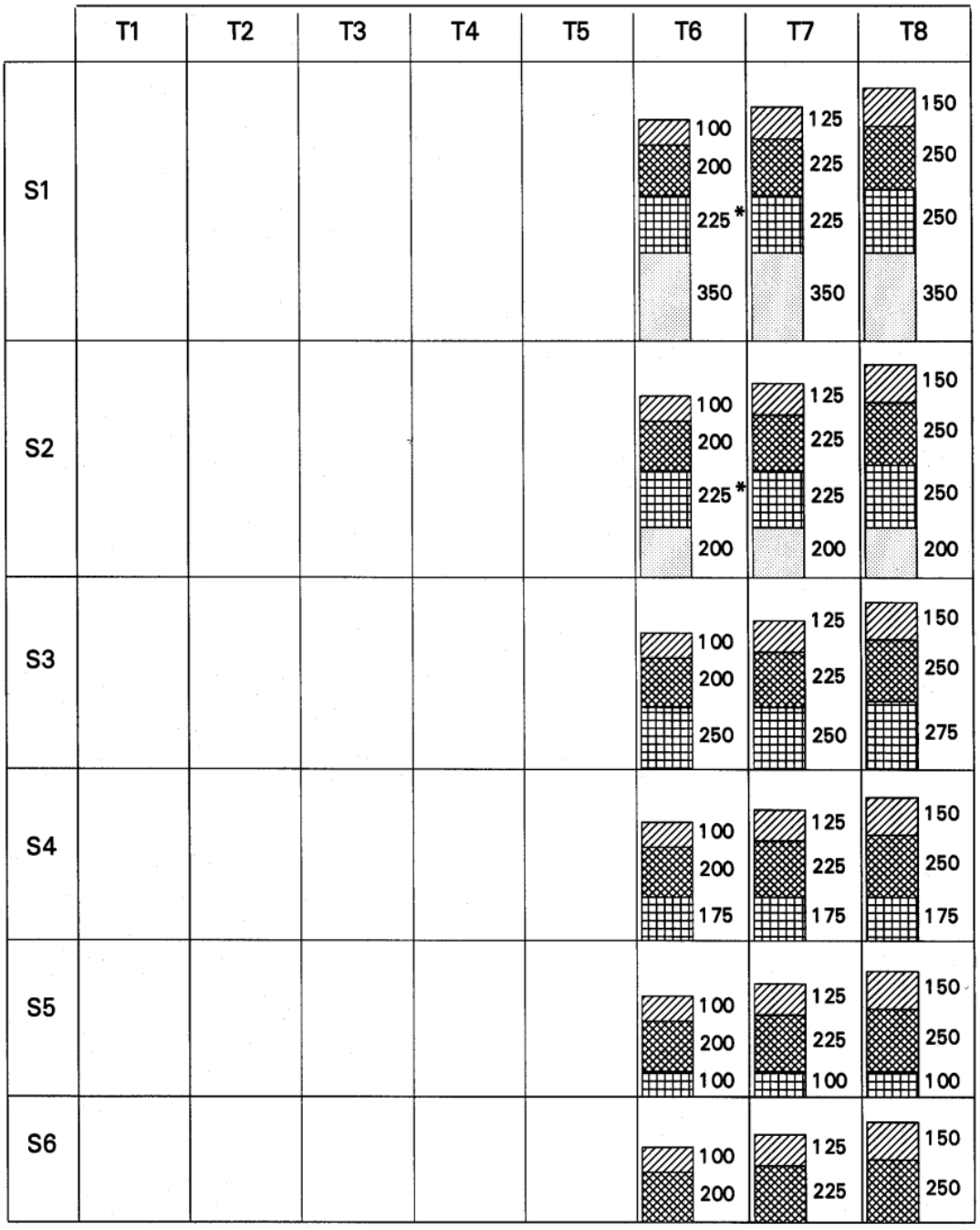
2 A cement or lime-stabilised sub-base may also be used.

CHART 4 COMPOSITE ROADBASE / SEMI - STRUCTURAL SURFACE



Note: Sub-base to fill substitution not permitted.

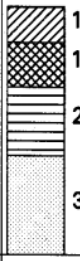
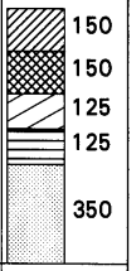
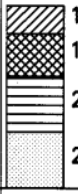
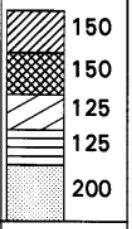
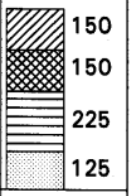
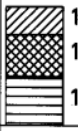
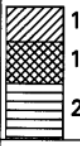
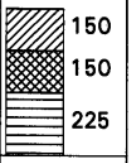
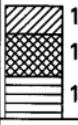
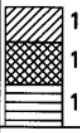
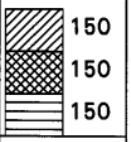
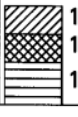
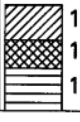
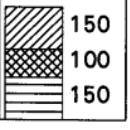
CHART 5 GRANULAR ROADBASE / STRUCTURAL SURFACE



Note: 1 * Up to 100mm of sub-base may be substituted with selected fill provided the sub-base is not reduced to less than the roadbase thickness or 200mm whichever is the greater. The substitution ratio of sub-base to selected fill is 25mm : 32mm.

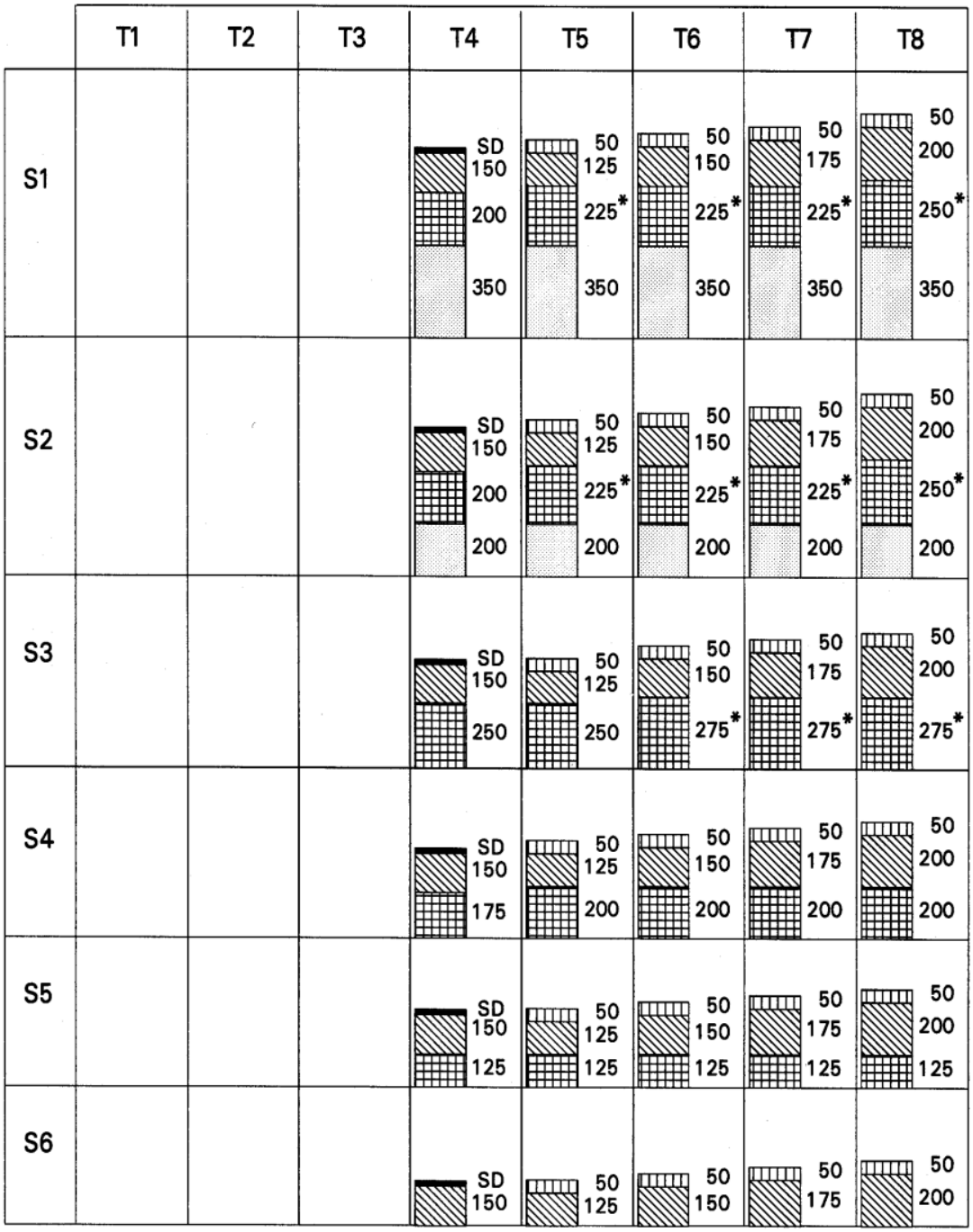
2 A cement or lime-stabilised sub-base may also be used.

CHART 6 COMPOSITE ROADBASE / STRUCTURAL SURFACE

	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8
S1								
S2								
S3								
S4								
S5								
S6								

Note: Sub-base to fill substitution not permitted.

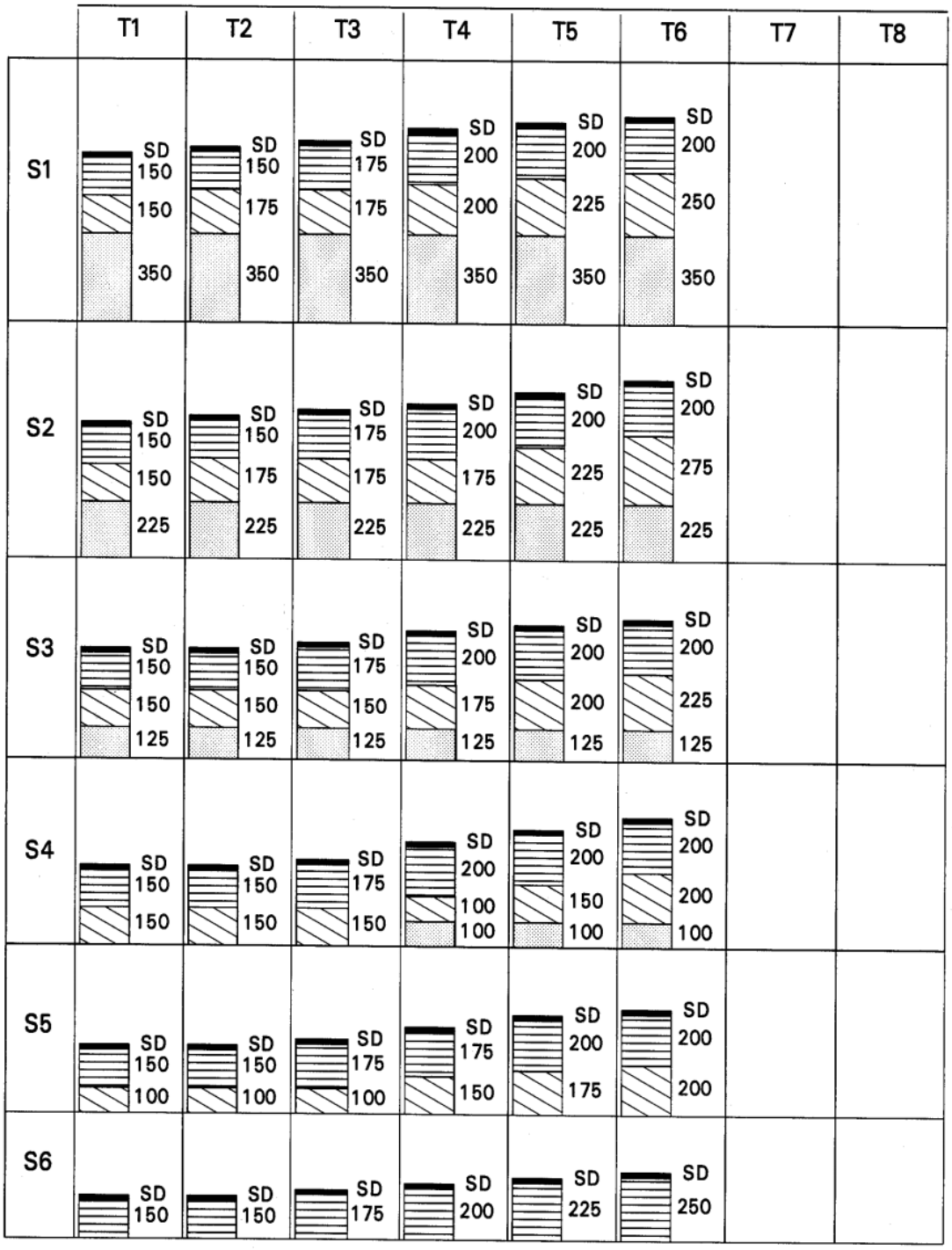
CHART 7 BITUMINOUS ROADBASE / SEMI-STRUCTURAL SURFACE



Note: 1 * Up to 100mm of sub-base may be substituted with selected fill provided the sub-base is not reduced to less than the roadbase thickness or 200mm whichever is the greater. The substitution ratio of sub-base to selected fill is 25mm : 32mm.

2 A cement or lime-stabilised sub-base may also be used but see Section 7.7.2.

CHART 8 CEMENTED ROADBASE /' SURFACE DRESSING



Note: A granular sub-base may also be used.