

بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم شارع احنيه الماجور (حطين)

فريق العمل

مؤيد أحمد عليان

فالح حسن السيخ

هادي جميل الوريدات

إشراف

م. خليل كرامة

تقرير مشروع التخرج

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعة بوليتكنك فلسطين

لوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس



جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل - فلسطين

أيار - 2007 م

شهادة تقييم مقدمة مشروع التخرج
جامعة بوليتكنك فلسطين
الخليل - فلسطين



تصميم شارع احنيه الماجور(حطين)

فريق العمل

مؤيد أحمد عليان

فالح حسن السيخ

هادي جميل الوريدات

بناء على توجيهات الأستاذ المشرف على المشروع وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة تم تقديم هذا المشروع إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس.

توقيع رئيس الدائرة

توقيع مشرف المشروع

أيار - 2007م

تصميم شارع احنيه الماجور(حطين)

فريق العمل

مؤيد أحمد عليان

فالح حسن السيخ

هادي جميل الوريدات

إشراف

م. خليل كرامه

تقرير مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية و المعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعة بوليتكنيك فلسطين

لوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس



جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل - فلسطين

أيار - 2007م

الإهداء

إلى رمز العطاء والبر والإحسان ، الذي غرس في قلوبنا معنى الحب والتضحية والوفاء وحب العطاء المتواحل، فكان شعاره أن الرجال مواقفهم

إلى أبيي.....

إلى الصدر الحاني والقلب الكبير ذو القلوب الحانية والتي زرعت فينا حب العلم والوطن.

إلى أمي.....

إلى كل من كان صرخة مدوية في زمن ساحة الصمت.

إلى كل من احترقوا في الأفق مصاصي الشمس ليضيئوا المكان

وابتغوا الراية مشرعة بلون الدماء كأنما جثم يوم البلاء

شهداننا الأبرار.....

إلى مدينة السماء الذين أحاطوني بالمحبة والإخاء الذين كانوا عوناً لي أيام الشدة

أصدقائي.....

إلى كل لاجئ يطمح بالعودة لوطنه السليب

إلى فلسطين.....

الشكر والتقدير

في البداية الشكر لله تعالى الذي أعاننا على إخراج هذا العمل

وبين سطور تحمل في ثناياها روائع عطور أروع الأزهار نتقدم خلالها بجزيل الشكر وفائق الاحترام إلى كل من.....

إلى جامعة بوليتكنك فلسطين ممثلة بالمينة التدريسية فيما الذين كانوا لنا منارة العلم والعمل

إلى صاحب القلب السافي النقي الذي لا يعرفه في يوم إلا الحب الذي له الدور المثالي في مساعدتنا والوقوف إلى جانبنا . الذي لم يخذل علينا بشيء إلا وقدمه لنا... إلى من تتراجع كلماته يمكن أن نخطأ ولكننا لن نغيب حقه بقدر ما سوف نعمل من معانيه وبقدر ما نكته له بقلوبنا لأن دورة أكبر من أن يبقى كلمات بين السطور

إلى الأستاذ المهندس خليل كرامة

إلى الذين كانوا على قدر المسؤولية ، إلى من صدقوا قولنا وعمل إلى العاملين في بلدية دورا لما قدموه من مساعدة ونحس بالذخر الأخ المهندس صلاح السبخ

ملخص المشروع

تصميم شارع احنيه الماجور (حطين)

فريق العمل:

مؤيد أحمد عليان

فالح حسن السيخ

هادي جميل الوريدات

جامعة بوليتكنك فلسطين - 2006م

إشراف:

م. خليل كرامه

المشروع عبارة عن تصميم شارع احنيه الماجور (حطين)، وقد تم إختيار هذا المشروع لما له من أهمية حيوية في مدينة دورا، حيث يشكل هذا المشروع تطبيقا للمفاهيم الهندسية والمواصفات الفنية الواجب إتباعها عند القيام بتصميم أي طريق. يحتوي هذا المشروع على عدة فصول نظرية وحسابية مبينة بالتفصيل في هيكلية المشروع، ويتكون هذا المشروع من جزأين: عمل ميداني وعمل مكتبي .

يحتوي هذا المشروع على عدة مخططات (تصميم المقاطع العرضية، تصميم المقطع الطولي، منحني الحجوم، التصميم الأفقي، التصميم الرأسي). ونود أن نلفت الإنتباه إلى أنه يجب الإهتمام بتصميم الطرق حسب المواصفات الهندسية المتفق عليها وكذلك يجب الإهتمام بالتنفيذ الصحيح للعمل حسب المخططات التصميمية .

Abstract

DESIGN FOR EHNANEH AL-MAJOR (HETEEN) STREET

Project Team

Faleh Hassan Al-seekh

Moayad Ahmad Elyyan

Hadi Jamel Alwreidat

Palestine Polytechnic University-2006

Supervisor

Eng. Khalel Karamma

This project is design for Ehnaneh al-major (Hetteen) street in Dora city, the importance of this street is that it connects the south areas of Dora with the city .

This project is an application for engineering and technical specifications that have to be considered in highway design, the project consist of theory and calculations chapters as shown in the project scope, the project has two parts: field work and office work. The plans of the project contain: Horizontal plan, profile, horizontal and vertical curves, cross sections and the mass whole diagram.

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة
I..... شهادة تقييم مشروع التخرج.....	
II..... صفحة العنوان.....	
III..... الإهداء.....	
IV..... الشكر و التقدير.....	
V..... الملخص (بالعربية).....	
VI..... الملخص (بالإنجليزية).....	
VII..... فهرس المحتويات.....	
XVI فهرس الأشكال	
XVIII فهرس الجداول.....	
XIX..... الملاحق.....	

الفصل الأول : المقدمة

1-1..... مقدمة.....	1
2-1..... نبذة تاريخية عن الطرق.....	1
3-1..... أهمية وأهداف المشروع.....	2
4-1..... أهمية الطرق في مجال التنمية الحيوية.....	3
5-1..... طريقة البحث.....	3

- 4-6 هيكليّة المشروع.....4
- 5-7 العوائق والصعوبات.....5
- 5-8 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة.....5
- 6-9 الجدول الزمني.....6

الفصل الثاني : الدراسات السابقة

- 7-1-2 مقدمة.....7

الفصل الثالث : الفرق الهندسية المصممة للطريق

- 8-1-3 مقدمة.....8
- 10-2-3 فريق الهندسة المدنية.....10
- 10-3-3 فريق الهندسة الأرضية.....10
- 11-4-3 فريق المساحة الجوية.....11
- 12-5-3 العلاقة بين الفرق الهندسية المختلفة.....12
- 12-1-5-3 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وفريق المساحة الأرضية.....12
- 12-2-5-3 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وفريق المساحة الجوية.....12
- 13-3-5-3 العلاقة بين فريق المساحة الأرضية وفريق المساحة الجوية.....13

الفصل الرابع : تخطيط الطريق والأعمال المساحية

- 1-4 مقدمة 14
- 2-4 العوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق..... 15
- 3-4 الأعمال المساحية لمسار الطريق..... 16

الفصل الخامس : حجم السير وإشارات المرور

- 1-5 مقدمة 18
- 2-5 تعداد المركبات..... 19
- 3-5 أنواع التعداد على الطرق 19
- 4-5 وسائل إجراء التعداد 20
- 5-5 فترات التعداد 20
- 6-5 السير الحالي والمستقبلي 20
- 7-5 عمر الطريق 21
- 8-5 إشارات المرور 21
- 1-8-5 أنواع الإشارات..... 22
- 2-8-5 مواصفات الإشارات 22
- 3-8-5 موقع الإشارات 23
- 9-5 علامات المرور على الطرق 23
- 1-9-5 أهداف علامات المرور 23
- 2-9-5 الشروط الواجب توافرها في علامات المرور 24

24.....	3-9-5 أنواع علامات المرور
26.....	10-5 الإضاءة على الطريق
26.....	1-10-5 مواصفات الإضاءة
27.....	2-10-5 أنواع المصابيح الرئيسية
28.....	3-10-5 ترتيب الأعمدة على الطريق
29.....	4-10-5 خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق

الفصل السادس : التصميم الهندسي للطريق

31.....	1-6 مقدمة
31.....	2-6 التصنيف الوظيفي للطرق
32.....	3-6 أسس التصميم الهندسي للطرق
37.....	4-6 مواصفات ومحددات التصميم

الفصل السابع : التخطيط الأفقي والرأسي للطريق

43.....	1-7 مقدمة
43.....	2-7 القوة الطاردة المركزية
45.....	3-7 إرتفاع ظهر المنحنى للطريق
46.....	4-7 زيادة إتساع الرصف عند المنحنيات
48.....	1-4-7 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق

50.....	5-7 المنحنيات الأفقية.....
50.....	1-5-7 المنحنيات الأفقية الدائرية.....
54.....	2-5-7 المنحنيات المتدرجة.....
57.....	6-7 مقدار الإزاحة في القوس الدائري.....
61.....	7-7 ملاحظات عامة عن التخطيط الأفقي.....
63.....	7-8 التقاطعات على الطرق.....
63.....	1-8-7 أنواع التقاطعات.....
65.....	1-1-8-7 التقاطع العادي البسيط.....
65.....	2-1-8-7 التقاطع الجرسى.....
65.....	3-1-8-7 التقاطع ذو القنوات.....
65.....	2-8-7 فوائد القنوات في التقاطع.....
66.....	3-8-7 عوامل وعناصر وخطوات تصميم التقاطعات.....
66.....	9-7 التخطيط الرأسى للطرق.....
67.....	7-10 المنحنيات الرأسية.....
67.....	1-10-7 إشارة الميل وزاوية التدرج.....
68.....	11-7 عناصر المنحنى الرأسى.....
69.....	12-7 خواص القطع المكافئ البسيط.....
71.....	13-7 المنحنيات الرأسية غير المتماثلة.....
71.....	14-7 الميول الرأسية العظمى في الطرق.....
71.....	1-14-7 العوامل التي تتحكم بتحديد الميول الرأسية.....
75.....	15-7 العوامل المشاركة في إختيار طول المنحنى الرأسى.....

76.....16-7 ملاحظات عامة في التصميم الراسي.

77.....17-7 اعتبارات عامة في التخطيط الراسي.

الفصل الثامن : تصريف المياه على الطريق

78.....1-8 مقدمة

78.....2-8 أهمية صرف المياه.

80.....3-8 متطلبات صرف المياه من الطريق.

80.....4-8 أنواع صرف المياه.

80.....1-4-8 الصرف السطحي.

81.....1-1-4-8 تجميع المياه السطحية.

82.....2-4-8 الصرف المغطى.

82.....5-8 العبارات.

83.....1-5-8 بناء العبارة.

84.....2-5-8 تهيئة أرض العبارة.

84.....3-5-8 أجنحة العبارة.

85.....6-8 الطمم فوق العبارة.

85.....7-8 الأقفان الجانبية.

85.....8-8 حماية الطريق.

الفصل التاسع : حساب المساحات الحجوم لكميات الحفر والردم

- 1-9 المساحات.....87
- 1-1-9 طريقة الإحداثيات.....88
- 2-9 حساب الحجوم والكميات.....92

الفصل العاشر: الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

- 1-10 تجربة بروكتور(Proctor Test).....96
- 1-1-10 مقدمة.....96
- 2-1-10 الهدف.....96
- 3-1-10 تجربة بروكتور القياسية.....97
- 4-1-10 الأدوات المستخدمة.....97
- 5-1-10 خطوات العمل.....97
- 6-1-10 المعادلات الخاصة بالتجربة.....98
- 7-1-10 الحسابات والنتائج.....98
- 2-10 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا.....100
- 1-2-10 مقدمة.....100
- 2-2-10 الهدف.....101

101.....	3-2-10 الأدوات المستخدمة
101.....	4-2-10 طريقة العمل
102.....	5-2-10 الحسابات
107.....	3-10 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة (base-course)
109.....	4-10 حد السيولة (Liquid Limit Test)
110.....	5-10 حد اللدونة (Plastic Limit Test)
111.....	6-10 تجربة التدرج الحبيبي
111.....	1-6-10 مقدمة
111.....	2-6-10 الهدف
112.....	3-6-10 الأدوات المستخدمة
112.....	4-6-10 طريقة العمل
112.....	5-6-10 الحسابات
112.....	6-6-10 النتائج
115.....	7-10 فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي
115.....	1-7-10 الهدف
115.....	2-7-10 طريقة الطرد المركزي
115.....	1-2-7-10 الأدوات المستخدمة
116.....	2-2-7-10 طريقة العمل
117.....	3-2-7-10 الحسابات
117.....	4-2-7-10 النتائج
118.....	3-7-10 كثافة قوالب مارشال (الكثافة النوعية الفعلية)
118.....	1-3-7-10 الهدف

119.....	2-3-7-10 الأدوات المستخدمة
119.....	3-3-7-10 طريقة العمل
120.....	4-3-7-10 الحسابات
121.....	5-3-7-10 النتائج
122.....	8-10 مناقشة النتائج والتحليل

الفصل الحادي عشر : التصميم الإنشائي للطريق

123.....	1-11 مقدمة
124.....	2-11 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة
125.....	3-11 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة
126.....	11-4 حساب الأوزان المحورية القياسية
139.....	11- 5 الخلاصة

الفصل الثاني عشر : النتائج والتوصيات

الفصل الحادي عشر

التصميم الإنشائي للطريق (Structural Design)

1-11 مقدمة:-

تعتبر عملية التصميم الإنشائي للطريق عبارة عن إيجاد سماكات طبقات الرصف و مواصفاتها و مكوناتها لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير على هذه الطرق، والأنواع الرئيسية للرصف نوعان الأول هو الرصف الصلب وهو عبارة عن بلاطات خرسانية مسلحة أو غير مسلحة توضع فوق سطح القاعدة الترابية (Sub Graede) أو طبقة تحت الأساس (Sub Base).

والنوع الثاني الأكثر شيوعاً هو الرصف المرن ويتكون من عدة طبقات هي تحت الأساس والأساس الحجري أو الحصى (Base Coarse) ثم طبقات الرصف الإسفلتية (Asphalt Concrete) وسوف نستعرض طريقة تصميم الرصف المرن. وهناك نوعان رئيسيان للرصفة:

أولاً: الرصفة المرنة (Flexible Pavement):

وهي التي تكون ملاصقة لسطح الطريق الترابي، مهما اتخذ هذا السطح من أشكال وتعرجات ، وتوجد على نوعين:

1- رصفة تلفورد (الطريقة الإنجليزية):-

- أ- وذلك بحيث تحدد الرصفة و تبنى أطرافها بأحجار تسمى حجارة الشك.
- ب- يتم رصف الطريق بحجارة بسماكة 20 سم و تعبأ الفراغات بحصى صغيرة.

- ج- ترش طبقة صغيرة من الحصمة الفولية لتعبئة الفراغات.
 د- يرش إسفلت بدرجة غرز 80% و بمعدل 4 كيلو على المتر المربع.
 هـ- يرش طبقة من الحصمة الحمصية على طبقة الإسفلت.

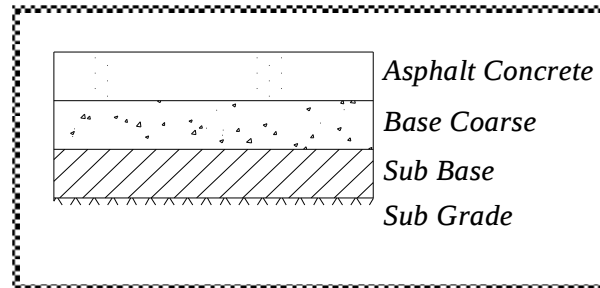
2- رصفة الفرشيات (مكاداة- الطريقة الأمريكية):-

وقد إنتشر إستخدام هذه الطريقة في منتصف الخمسينيات، حيث يمكن بهذه الطريقة الإستغناء عن الرصفة بالحجارة وتوريد مواد مخلوطة ومتدرجة مثل البيسكورس وفرشها بالسلك المطلوب، وترص على طبقات بحيث لا يتجاوز سمك كل طبقة عن 20 سم .

ثانياً: الرصفة الصلبة (Rigid Pavement):

وهي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (30 – 15) سم، بحيث يتم صبها على الطريق أو على أساس حصوي الذي يتم فردة قبل ذلك، وقد تكون هذه الطبقة مسلحة أو غير مسلحة، وتصب بشكل كامل أو على شكل قطع بحيث يبلغ طول كل قطعة ما بين (20 – 50) م للخرسانة العادية، وقد يصل طول القطعة إلى 300 م للخرسانة المسلحة.

2-11 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement)



شكل (1-11) طبقات الرصفة المرنة

تتكون الرصفة المرنة كما يظهر من الشكل السابق من العناصر التالية:

- 1- القاعدة الترابية (sub grade): وهي عبارة عن المواد المكونة لسطح الطريق المراد عمله أو من المواد التي تم قصها من مكان آخر، وتدمك هذه الطبقة حتى تصل إلى القوة المطلوبة.
- 2- طبقة ما تحت الأساس (sub base): وهي الطبقة التي تنشأ مباشرة فوق طبقة القاعدة الترابية. إذا كانت خواص القاعدة الترابية مساوية لخصائص هذه الطبقة فيمكن الاستغناء عن هذه الطبقة، وإذا لزم الأمر يتم إجراء عملية تثبيت لهذه الطبقة لتصل إلى المقاومة المطلوبة.
- 3- طبقة الأساس (base course) وهي مجموعة من الحصى المترتبة متوسطة الخشونة و تكون حجارة مكسرة يتم إحضارها حالياً من الكسارات، وهو ما يعرف في بلادنا بالبيسكورس.
- 4- الطبقة السطحية الإسفلتية (surface course): وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (Prime coat).

3-11 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO:-

إن هناك مجموعة من العوامل التي تتحكم في تصميم الطريق كحجم و نوع المرور (Traffic Volume) ويتم تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية معادلة لحمل مقداره 18 kips على المحور المفرد، وقد تم إجراء عدة دراسات وجداول من أجل تحويل أحمال المرور.

كما أن خصائص التربة والمواد المستخدمة في تكوين وإنشاء كل طبقة من طبقات التربة، و بعض العوامل الأخرى من أحوال جوية كأمطار و رياح و غيرها.

4-11 حساب الأوزان المحورية القياسية:-

التصميم الإنشائي للطريق:

كما يبين الشكل السابق فان تصميم الطريق يتكون من مجموعة من الطبقات و هي مبينة كالتالي:-

✓ طبقة الإسفلت.

✓ طبقة البسكورس (base course) (طبقة الأساس).

✓ طبقة ما تحت الأساس (sub base).

✓ طبقة سطح الأرض (sub grade).

و سيتم عمل خطوات التصميم الإنشائي وإيجاد سمك الطبقات (حسب نظام AASHTO) :

1- حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load)

حيث أن:

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \dots\dots\dots 1.11$$

ESAL: Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load:

f_d : design lane factor.

G_f : growth factor.

AADT: first year annual average daily traffic.

N_i : number of axles on each vehicle.

f_E : load equivalency factor

جدول (1-11) [7] نسبة المركبات في المسرب الواحد Percentage Of Total Truck Traffic in

Design Lane

Number Of Traffic Lanes (Two Directions)	Percentage Truck in Design Lane(%)
2	50
4	45 (35-48)
6 or more	40 (25-48)

أما الطريق المراد تصميمها فتحتوي على أربع مسارب في الإتجاهين فتؤخذ قيمة f_d المقابلة للرقم 4 من الجدول (1-11) فتكون ($f_d = 50\%$).

أما قيمة growth factor (G_f) فيتم الحصول عليه من الجدول (2-11):

جدول (2-11) [7] معامل النمو (Growth factor)

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	33.06	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

وكما نعلم تصميم أي طريق يتم على إعتبار أن صلاحية الطريق تؤخذ عادة ل 20 سنة مستقبلا،
وتوقع نسبة الزيادة السنوية 4% فتكون قيمة ($G_f = 29.78\%$).

جدول (3-11) عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات

اليوم	نسبة عدد المركبات (%)				
	السيارات		الشاحنات		الباصات
	العدد	النسبة (%)	العدد	النسبة (%)	العدد
السبت	500	92	40	7	6
الاثنين	350	91	32	8	4
الخميس	430	91	37	8	4
المتوسط	427	91.3	36	7.7	5

جدول (4-11) الأوزان المكافئة لأنواع المركبات

نوع المركبة	عدد المركبات (مركبة / ساعة)	العدد المكافئ	العدد الكلي للمركبات
سيارة خاصة أو تاكسي	500	1	500
حافلة	6	3	18
شحن	40	2.5	100
المجموع الكلي			618

معدل الزيادة المتوقع في عدد المركبات خلال الـ 20 عام المقبلة على فرض 2% .

المتوسط اليومي لحجم المرور (ADT) = 618×2

= 1236 مركبة / يوم

عدد المركبات بعد 20 عام = 1236×2

= 2472 مركبة

AADT على فرض = 1200 مركبة

قيمة المعامل تساوي 0.16 من AADT

حجم المرور الساعي التصميمي DHV = $2472 \times 0.16 = 395.52$

$$\text{عدد المسارب} = 395.52/1200$$

$$= 3.03 = 3 \text{ مسارب.}$$

ملاحظة: تم أخذ شارع احنييه لأنه أقرب ما يكون إلى الطريق الذي سيتم إنشاؤه .

وبعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات المختلفة من الجدول (5-11) كما يلي:

$$1\text{-Passenger cars (10 kN / axle) = 59\%}$$

$$2\text{-axle single-unit busses (100 kN / axle) = 8\%}$$

$$3\text{-axle single-unit trucks (110 kN / axle) = 33\%}$$

$$\text{load equivalency factor for a cars (} f_{E(\text{car})} \text{) = 0.0003135 (single axle)}$$

$$\text{load equivalency factor for a busses (} f_{E(\text{bus})} \text{) = 0.198089 (tandem axle)}$$

$$\text{load equivalency factor for a trucks (} f_{E(\text{truck})} \text{) = 0.29419 (tandem axle)}$$

جدول (5-11)[7] تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor)

Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle	KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42,000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209		195.7	44,000	31.00	3.00
22.25	5,000	0.00500		200.0	45,000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043		204.5	46,000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47,000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430		213.5	48,000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49,000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	4.86

48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54,000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55,000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56,000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58,000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60,000		9.59
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		17.19
138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000		18.15
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000		19.16
146.8	33,000	9.98	0.971	325.0	73,000		20.22
151.2	34,000	11.18	1.095	329.0	74,000		21.32
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000		22.47
160.0	36,000	13.93	1.38	338.0	76,000		23.66
164.5	37,000	15.50	1.53	342.5	77,000		24.91
169.0	38,000	12.20	1.70	347.0	78,000		26.22
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000		27.58
178.0	40,000	21.08	2.08	365.0	80,000		28.99

وبعد ذلك تحسب قيمة (ESAL) لكل نوع من أنواع المركبات حسب المعادلة (2.11) على حده ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL) كما يلي :

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \dots\dots\dots 2.11$$

$$ESAL_{car} = 0.5 \times 29.78 \times 29664 \times 0.59 \times 365 \times 2 \times 0.0003135 = 0.05963989 \times 10^6$$

$$ESAL_{buss} = 0.5 \times 29.78 \times 29664 \times 0.08 \times 365 \times 2 \times 0.198089 = 5.03973 \times 10^6$$

$$ESAL_{truck} = 0.5 \times 29.78 \times 29664 \times 0.33 \times 365 \times 2 \times 0.29419 = 3.130322 \times 10^6$$

$$ESAL_{total} = 8.229692 \times 10^6$$

2. حساب سماكة الطبقات : يبين الجدول (6-11) نسبة كاليفورنيا للطبقات ونوع كل طبقة :

جدول (6-11) يبين نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة

المادة المستخدمة	CBR(Kentuky)	الطبقة
Plant Mix.		Asphalt
Crushed Stone	43.5	Base Coarse
silty or clayey gravel and sand	21	Sub Grade

حيث يتم حساب طبقات الرصفة المرنة كما يلي:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 + a_3 D_3 \dots\dots\dots 3.11$$

where :

SN: Structural Number.

a_1, a_2, a_3 : layer coefficients representative of surface, base course, and sub base respectively .

D_1, D_2, D_3 : actual thickness, of surface, base course, and sub base respectively.

ويتم حساب المعامل المناخي (Regional factor) من المعادلة (4-11):

$$R = \frac{N_d}{12} \times R_d + \frac{N_s}{12} \times R_s \dots\dots\dots 4.11$$

where:

R : Regional Factor

N_d : Number of dry months in a year

R_d : Regional Factor for soils dry

N_s : Number of saturated months in a year

R_s : Regional Factor for soils saturated

حيث يتم الحصول على قيمة كل من (R_d, R_s) من الجدول (7-11)

جدول (7-11) قيمة المعامل المناخي (Regional Factor) حسب المناخ [7]

case	Suggested Regional Factor
Roadbed soil frozen 5in or more	0.2 – 1.0
Roadbed soils dry	0.3 – 1.5
Roadbed soils saturated	4.0 – 5.0

أما في محافظة الخليل فتكون فيها السنة 4 أشهر رطبة (saturated) و 8 أشهر جافة (dry) فتكون قيمة R في منطقة الخليل :

$$R = \frac{8}{12} \times 0.9 + \frac{4}{12} \times 4.5 = 2.1 \dots\dots\dots 5.11$$

حيث تتم عملية حساب SN كما يلي :

1. بمعرفة (CBR) لكل طبقة من الجدول (7-11)، تعرف قيم (S-soil support value) المقابلة ل (CBR) لكل طبقة على حده من الشكل (2-11). فتكون قيم (S-soil support value) كما يلي:

$$(S1\text{-soil support value}) = 9$$

$$(S2\text{-soil support value}) = 7.4$$

$$(S\text{-soil support value}) = 6.5$$

2. ثم تعين قيم (S-soil support value) على الشكل (3-11) وتوصل مع النقطة المعينة على

تدريج (ESAL = 5037) ، ثم يمد الخط على استقامته ليقطع تدريج (SN-structural Number) في نقطة معينة فتكون قيم (SN-structural Number) كما يلي :

$$(SN1\text{-structural Number}) = 1.20$$

$$(SN2\text{-structural Number}) = 4.4$$

$$(\overline{SN3}\text{-structural Number}) = 5.3$$

ثم توصل هذه النقط مع النقطة المعينة على تدريج (Regional Number)، ومن ثم يمد الخط على استقامته إلى أن يلاقي تدريج SN في نقطة معينة فتكون قيم SN كما يلي :

$$SN_1 = 1.40 \text{ (from enter CBR for base course in chart)}$$

$$SN_2 = 5.20 \text{ (from enter CBR for sub base course in chart)}$$

$$SN_3 = 6.9 \text{ (from enter CBR sub grade in chart)}$$

ويتم الحصول على قيم (a₁, a₂, a₃) من الجداول (8-11)، (9-11)، (10-11):

جدول (8-11) [7] معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت

Case of Pavement	a ₁ suggested
Road mix (low stability)	0.20
Plant mix (high stability)	0.44
Sand Asphalt	0.40

جدول (9-11) [7] معامل الطبقة (layer coefficient) للبيسكورس

Case of base course	a_2 suggested
sandy gravel	0.07
Crushed stone	0.14
Cement- treated (650psi or more)	0.23
Cement- treated (400-650psi)	0.20
Cement- treated (400psi or less)	0.15
Coarse- graded bituminous-treated	0.34
Sand asphalt	0.30
Lime -treated	0.15-0.30

جدول (10-11) [7] معامل الطبقة (layer coefficient) ل Sub base

Case of base course	a_3 suggested
Sandy gravel	0.11
Sandy clay	0.05-0.10

ونوع المادة في هذه الطريق موجودة في جدول (7-11) ومن الجداول السابقة نجد أن:

$$a_1 = 0.44, a_2 = 0.14, a_3 = 0.11$$

يتم حساب سمك الطبقة الأولى (الاسفلت) كما يلي:

$$SN1 = a_1 * D1 \rightarrow 1.60 = 0.44 * D1 \rightarrow D1 = 3.64 \text{ in} = 3.64 * 2.54 = 9.24 \text{ cm.}$$

Take ($D1 = 10\text{cm}$).

$$SN1 = (10/2.54) \times 0.75 = 2.95 \text{ in}$$

ثم تحول قيمة SN1 إلى (in) كما يلي :

سمك الطبقة الثانية (base course):

$$SN2 = SN1 + a_1 D1 \rightarrow 5.2 = 2.95 + 0.44 \cdot D2$$

$$\rightarrow D2 = 5.11 \text{ in} = 5.11 \cdot 2.54 = 13 \text{ cm} .$$

Take ($D2 = 25 \text{ cm}$).

ثم تحول قيمة SN2 إلى (in) كما يلي :

$$SN2 = \frac{25}{3.64} \times 0.44 + 2.95 = 6 \text{ in}$$

سمك الطبقة الثالثة (sub base):

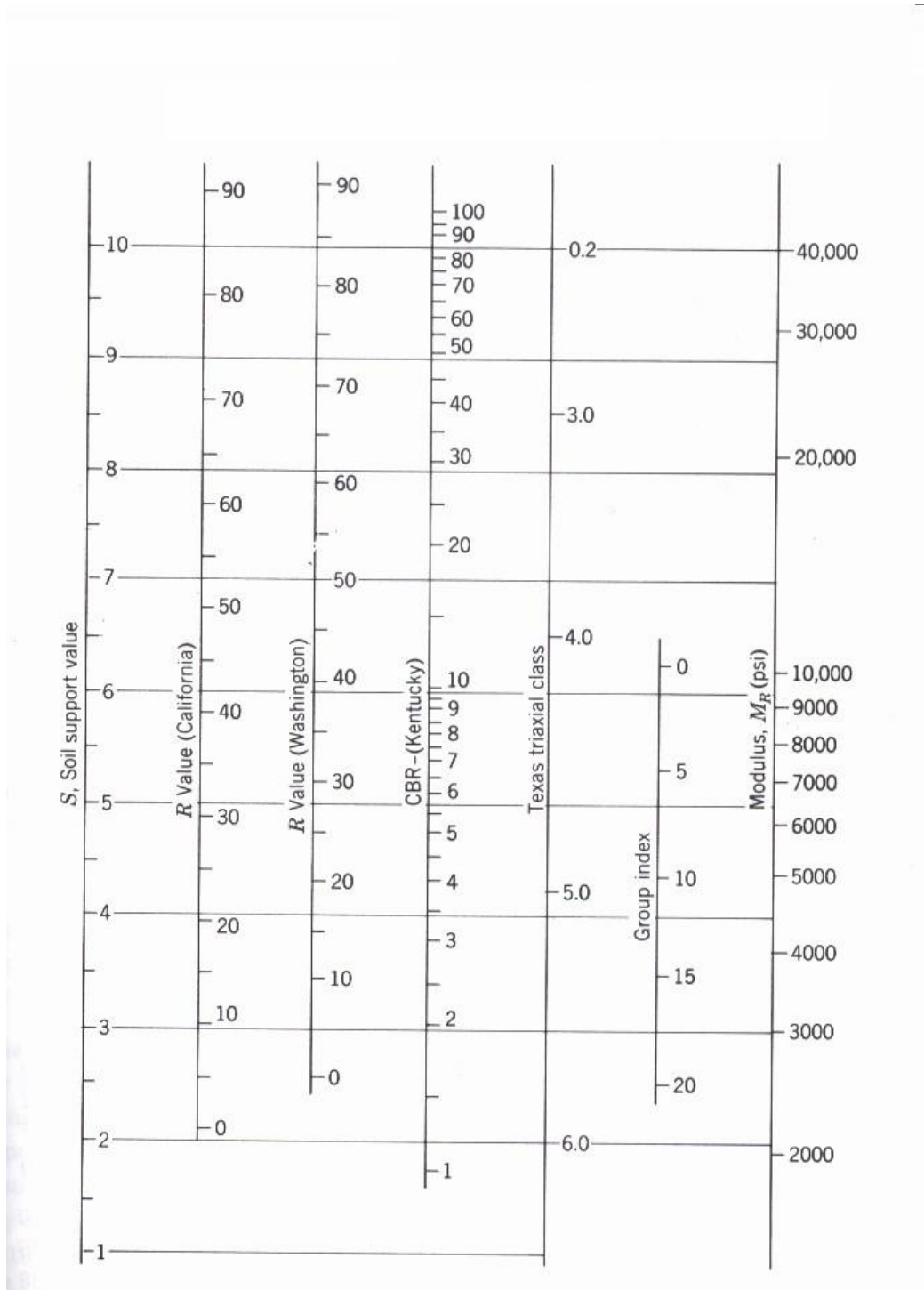
$$SN3 = 6 + a_3 D3 \rightarrow 6.9 = 6.00 + 0.11 \cdot D3$$

$$\rightarrow D3 = 8 \text{ in} = 8 \cdot 2.54 = 20.32 \text{ cm} .$$

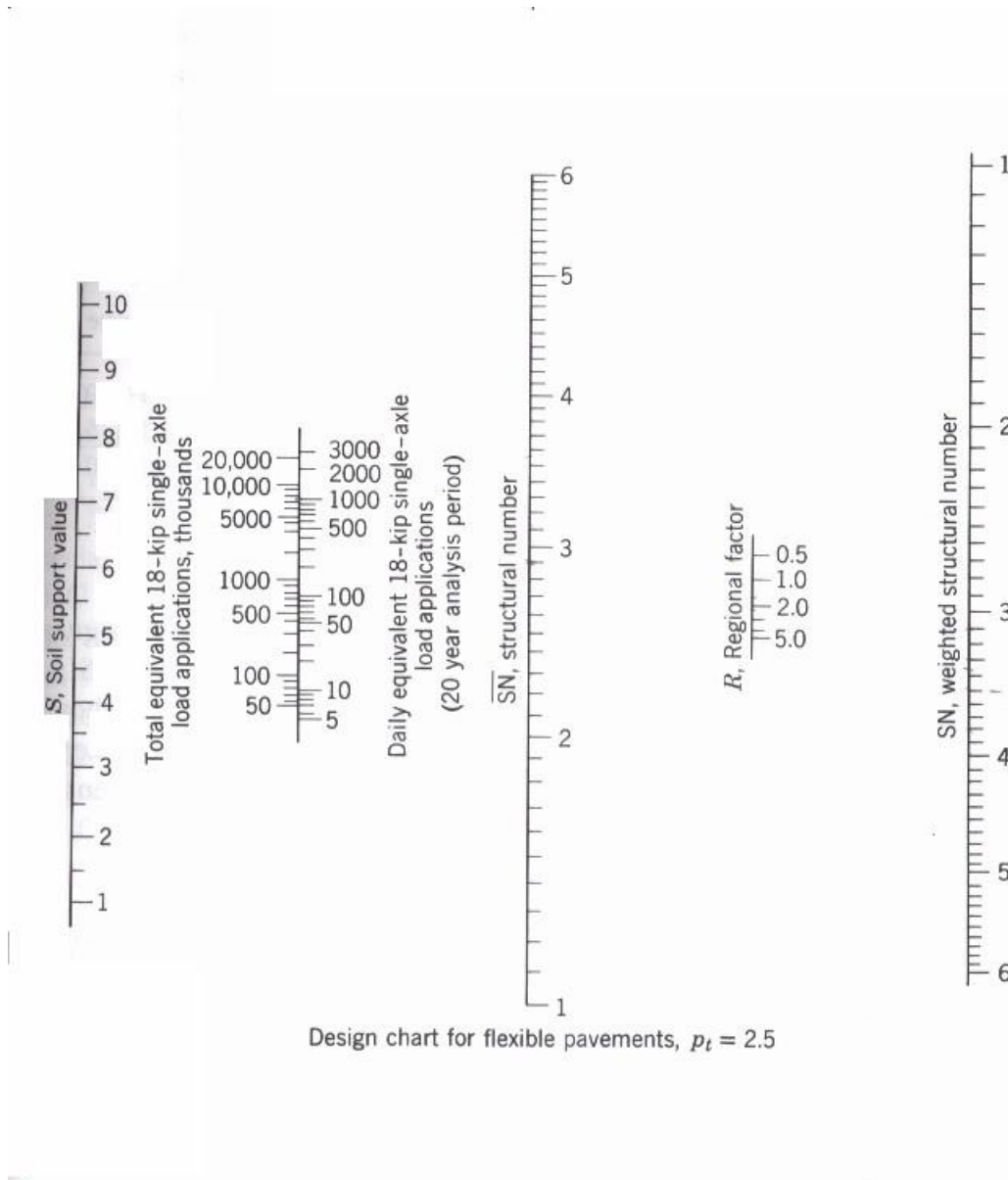
Take ($D3 = 20 \text{ cm}$).

ثم تحول قيمة SN3 إلى (in) كما يلي:

$$SN3 = \frac{20}{3.64} \times 0.11 + 6.0 = 6.6 = 7 \text{ in}$$



شكل (2-11) [7] إيجاد (S-soil support value)



شكل (3-11) [7] (AASHTO flexible-pavement design)

11- 5 الخلاصة:

بما أنه تم إتباع طريقة الأشتو في التصميم و بعد النظر الى كافة العوامل المؤثرة في تصميم الرصفة المرنة ودراستها وحساب الأوزان المحورية القياسية و مقارنتها بالقراءات الموجودة في الجداول القياسية و إجراء كافة الحسابات كانت لدينا النتائج التالية :-

جدول (11-11) يبين سماكة طبقات الرصفة المرنة

الطبقة	السّمك (سم)
Sub-bass	20
Base corse	25
Asphalt	10

الفصل الأول

المقدمة

1-1 مقدمة:-

يعالج علم الطرق موضوع مسح المنطقة المنوي فتح الطريق فيها، ودراسة المنطقة طبوغرافيا وجيولوجيا، وإعداد التصاميم ودراسة المواد وخواصها سواء كانت هذه الطرق تصل بين المدن أو بين الأقطار المتجاورة، أو تصل بين المدن والقرى أو بين القرى نفسها، أو كانت توصل إلى المناطق السياحية والزراعية وغيرها للوصول إلى التصميم الهندسي المناسب للطريق، حيث يعرف التصميم الهندسي للطريق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية والعروض والانحدارات.....الخ.

2-1 نبذة تاريخية عن الطرق:-

لا يعرف تاريخ محدد لمولد الطرق، لكن مع توطن البشر وإستئناسهم للحيوانات قبل نحو 9000 عام كانت المسارات التي سلكها الناس بحيواناتهم هي أول طرق سير عرفها البشر.

ويعود تاريخ الطرق الحديثة إلى اليوم الذي إخترع فيه الإنسان العجلة منذ حوالي 5000 عام قبل الميلاد، حيث عرف الإنسان أول طريق مرصوفة بالأحجار في عام 3500 ق.م في بلاد ما بين النهرين، ثم أتى البابليون وبنوا شبكة مهمة من الطرق تصل العاصمة بالمناطق المحيطة بها، وكانوا أول من إستخدم الإسفلت (القار) كمادة من مواد إنشاء الطرق. ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي أنشئت آلاف الكيلومترات من الطرق التي أخذت بعين الإعتبار تصريف المياه والتأسيس على أرضية صلبة وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية.

و يرجع الإهتمام بطبيعة الطريق إلى طبيعة الحاجة إليها، ففي الماضي كانت الطرق تستخدم لمرور الأشخاص أي مسرب صغير فقط و ذلك لانه لم يكن هناك تلك المركبات المختلفة و لم تكن طبيعة الأعمال في الماضي تحتاج إلى المركبات الضخمة بل كانت تقتصر على الدواب التي كانت تنتقل في مواسم الفلاحة.

و عندما بدأت معالم التطور تظهر على البشرية بدأت الطرق تتغير من مسرب إلى طريق بعرض سيارة ومن ثم أصبحت الطريق عدة مسارب و أصبح هناك طرق كثيرة لتصميم و شق الطرق، إذ أن أعداد الناس أخذت بالزيادة و تعددت الحاجات إلى المركبات وتنوعت الأعمال وعندها أصبح جل الحديث في كيفية تحقيق سبل الراحة و الأمان على هذه الطرق و السلامة لمستخدمي هذه الطريق، فبدأت أعمال الرصف و زيادة عرض الشارع و الحارات وإختلاف أنواع الإسفلت وسماكة طبقاته الذي يتناسب طرديا مع راحة المواطنين والعربات التي تسير على هذه الطريق، ومن مظاهر الراحة والأمان إضافة ما يسمى بالجزر بأنواعها والتعلية والمنحنيات بأنواعها أيضا التي تعمل على توفير الراحة كما سنتحدث عن هذه المنحنيات في الفصول اللاحقة.

يتبين مما سبق أن الطرق تعتبر عنصرا مهما من عناصر التنقل والوصل بين الأماكن، وقد أصبحت الطرق ترمز في الوقت الحاضر إلى مدى تقدم المنطقة التي تحوي تلك الطريق.

3-1 أهمية وأهداف المشروع:-

إن الهدف من وراء إنشاء الطرق حسب المواصفات الهندسية هو خدمة الناس وتسهيل حركتهم لقضاء حاجاتهم ووصل المناطق ببعضها، أو لنهضة عمرانية وزراعية على طول الطريق، فلا بد من وضع تصميم نموذجي يخدم تلك الأغراض ولا سيما أننا لاحظنا أن الأراضي في تلك المنطقة أغلبها مستصلحة للزراعة بشكل واضح وبارز بالسلاسل العريضة العالية .

ومن أهداف المشروع :

§ خدمة المنطقة السكانية التي يمر منها الشارع، وذلك لجعل المنطقة حيوية و متطورة.

- § الأهمية الحيوية لهذا الشارع حيث أنه يربط المنطقة الجنوبية لمدينة دورا، بالإضافة إلى الظروف السياسية التي تؤثر على المدينة وسياسة الإغلاق وخاصة أنه لا يوجد إلا مدخل واحد للمنطقة الجنوبية لمدينة دورا، مما يجعل من الضروري توفير طرق بديلة لتلبية حاجة المواطنين.
- § توفير سبل الأمان على الشارع وذلك بتوفير الأرصفة وممرات المشاة والإشارات المرورية اللازمة للشارع ما أمكن.
- § تصميم شارع (احنيه الماجور - حطين) حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا لقانون وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.
- § موقع دائرة السير الجديدة حيث أنه يمكن الوصول إليها مباشرة من مدينة دورا دون الحاجة للسير على الطريق الإستيطاني في تلك المنطقة.
- § الإستفادة من البرامج الحديثة في تصميم الطرق مثل برامج:
 - Soft Desk.
 - Auto Cad.

4-1 أهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية:-

تمثل الطرق العمود الفقري للبلاد والذي تتمحور حوله وحدة البلاد ونموها وتطورها. حيث أن الطرق تكون المقياس الأول الذي يحكم من خلاله بمقدار التطور الذي وصلت إليه البلد، وتسهل الطرق حركة وتنقل الناس وربطهم بأماكن عملهم. لذا فالطرق عنصر ضروري للمجتمع في جميع مجالات التنمية الحيوية.

5-1 طريقة البحث:-

- § القيام بتحديد موضوع البحث (تصميم شارع احنيه الماجور - حطين) والإستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية دورا.
- § القيام بزيارة ميدانية (إستطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من أجل الحصول على أفضل النتائج.
- § البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الإستفادة منها في المشروع.

- § القيام بتنفيذ العمل الميداني مع مسح للشارع ورفع التفاصيل من أجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم. وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع مغلق (Traverse) ومعالجته من الأخطاء باستخدام Adjustment by Least Squares وذلك من أجل دقة العمل المساحي.
 - § القيام بزيارة لبلدية دورا من أجل التعرف على القوانين المتبعة في التخطيط والتصميم من حيث السرعة القصوى للمرور وعرض الحارة والإرتدادات والأرصفة وغيرها.
 - § البدء بعملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة حسب المعطيات من العمل الميداني.
 - § البدء بكتابة مقدمة المشروع أخذين بعين الاعتبار الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة مع مراعاة مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- بعد الإنهاء من المقدمة وتسليمها ومناقشتها يتم الإستمرار في عملية التصميم وكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة المتبعة في جامعة بوليتكنك فلسطين.

6-1 هيكليّة المشروع:-

- تم تقسيم البحث ليشتمل على عدة فصول كالآتي:-
- § الفصل الأول: يحتوي على المقدمة التي توضح موضوع البحث (تصميم شارع إجنينه المجاور - حطين)، الأهمية، الأهداف، طريقة البحث، هيكليّة البحث، العوائق والصعوبات.
 - § الفصل الثاني: يحتوي على الدراسات السابقة المتعلقة بالموضوع ويتطرق إلى موضوع الطرق في مدينة دورا في الماضي والحاضر وبعض المشاكل المتعلقة بالموضوع.
 - § الفصل الثالث: يتطرق إلى الفرق الهندسية المطلوبة في أعمال تخطيط وتصميم الطرق وكيفية قيامها بجمع وتحليل المعلومات، ويوضح علاقة الفرق الهندسية المختلفة ببعضها ببعض.
 - § الفصل الرابع: يتحدث عن تخطيط الطريق والأعمال المساحية المتعلقة بمسار الطريق، والعوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق.
 - § الفصل الخامس: يبحث في طرق معرفة وتحديد حجم السير من تعداد للمركبات وأنواع التعداد على الطريق ووسائل إجراء التعداد، وتحديد فترات التعداد وتحديد حجم السير الحالي والمستقبلي.
 - § الفصل السادس: يتحدث عن التصميم الهندسي للطرق من حيث أسس التصميم الهندسي ومسافة الرؤية والتوقف و التجاوز، وعلامات وإشارات المرور والإضاءة على الطريق.

- § الفصل السابع: يتحدث عن التصميم الأفقي والرأسي للطريق وكيفية تصميم المنحنيات الأفقية والمتدرجة والميول العرضية بالإضافة إلى ذلك تصميم المنحنيات الرأسية والعناصر الأساسية للمنحنى الرأسي والميول الرأسية العظمى في الطرق.
- § الفصل الثامن: يتحدث عن تصميم المياه عن سطح الطريق.
- § الفصل التاسع: يتحدث عن حساب كميات الحفر والردم اللازمة لتنفيذ المشروع والتمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجم الكمي التراكمي).
- § الفصل العاشر: يتحدث عن الفحوصات المخبرية لطبقات الرصفة في الطريق.
- § الفصل الحادي عشر: يتحدث عن الإنشائي للطريق.
- § الفصل الثاني عشر: يتعلق بالنتائج والتوصيات التي إقترحها فريق العمل.

7-1 العوائق والصعوبات:-

- 1- الظروف السياسية والأمنية السائدة في المنطقة حيث أن الشارع بالقرب من الطريق الإستيطاني في تلك المنطقة.
- 2- صعوبة الحصول على المعلومات من الجهات الرسمية أثناء عملية جمع المعلومات.
- 3- كثرة التفاصيل حول الطريق مما يؤدي إلى صعوبة العمل الميداني وصعوبة التصميم.
- 4- مرور الطريق من أراضي زراعية وإحالة المواطنين في بعض الأحيان دون العمل المساحي.

8-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة:-

- 1- Total Station.
- 2- برنامج (AutoCAD).
- 3- برنامج (Softdesk8).

9-1 الجدول الزمني:-

الفعالية	عدد الأسابيع	الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
جمع المعلومات	6																	
المساحة الإستطلاعية	2																	
العمل الميداني	5																	
الرسم بالكمبيوتر	1																	
تجهيز التقرير الأولي	1																	
تجهيز التقرير النهائي	2																	

جدول (1-1) الجدول الزمني لمقدمة المشروع

الفعالية	عدد الأسابيع	الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
جمع المعلومات	1																	
العمل الميداني	2																	
الرسم بالكمبيوتر	3																	
التصميم الأفقي + التقاطعات	3																	
التصميم الرأسي + إشارات مرور	3																	
حساب الكميات + الإنارة	3																	
الفحوصات الإنشائية	4																	
الحسابات الإنشائية	2																	
تجهيز التقرير النهائي	1																	

جدول (2-1) يبين فعاليات المشروع

الفصل الثاني

الدراسات السابقة

1-2 مقدمة:-

تعد الدراسات السابقة من أهم الركائز والدعائم الأساسية عند التخطيط للقيام بدراسة لتنفيذ أي مشروع في أي مجال من المجالات لا بد من الأخذ في الاعتبار الدراسات السابقة وتحليلها، لان ذلك له فائدة كبيرة من حيث التعرف على الأفكار المراد عملها في هذا المشروع ومحاولة الإستفادة منها ومحاولة لتصحيح الأخطاء إن كانت موجودة.

عرف تاريخ الطرق في مدينة دورا منذ القرن العشرين. وكانت أول الطرق المعبدة التي تصلح لسيير المركبات عليها في دورا الشارع الرئيسي (دورا سنجر إلى الخليل)، ومنها بدأ الإهتمام بتصميم شوارع المدينة، وبلغ عدد شوارع مدينة دورا حتى عام (2006) تقريبا (200) شارع ونسبة الشوارع المعبدة 36%. و يبلغ مجموع أطوال الشوارع المعبدة تقريبا (100) كم { }.

وبشكل عام يلاحظ ضعف التخطيط والتصميم والصيانة الدورية لشبكة الشوارع في المدينة، وهذا ناتج عن إنعدام التنسيق المستمر بين أقسام البلدية. أو لعدم مقدرة البلدية على تخطيط و تصميم بعض الطرق على الأسس الهندسية بسبب الظروف السياسية والاقتصادية المتحكمة في وضع المدينة.

الفصل الثالث

الفرق الهندسية المصممة للطريق

1-3 مقدمة:-

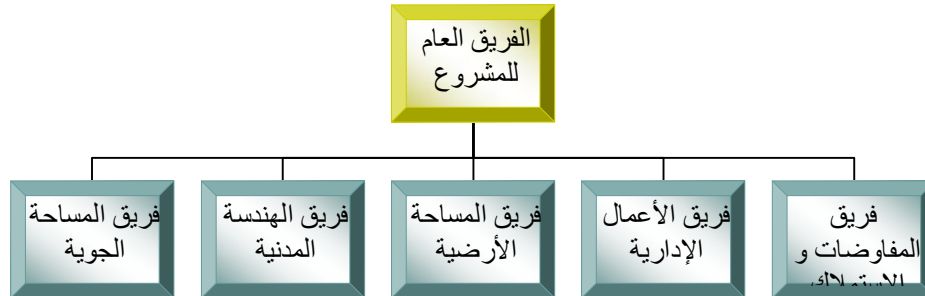
إن الاختيار السليم لخطوط المسارات للطريق يحتاج إلى قدر هائل من المعلومات و البيانات حول العديد من الجوانب و التي منها الطبوغرافية للموقع و الوضع الجيولوجي للمنطقة و الجوانب الهيدرولوجية و إستعمالات الأرض في المنطقة المراد تصميم الطريق فيها وميكانيكا التربة و خصائصها و قدرة تحملها للطريق و للمركبات فذلك لابد من عمل مساحي متنوع و دقيق وفعال لتلبية حاجات المشروع من المعلومات و البيانات التي تكمن أهميتها فيما يلي:-

1. تساهم في الاختيار الموفق لموقع المشروع (Location).
2. تمكن المصممين من تصميم المشروع (Design).
3. تحدد حرم الطريق وحدود الأرض المجاورة (Right of Way).
4. تساعد في تنفيذ التصاميم (Construction).
5. تحدد مسار الطريق (Grade Lines).

وبما أن الغرض المطلوب و المرجو من شق الطرق يختلف من طريق لآخر لذلك فإن دقة المعلومات و البيانات المساحية المطلوبة تختلف باختلاف الطرق، ولكن من المهم أن نعلم أن المزيد من الدقة يتطلب المزيد من الوقت و التكاليف و من هنا يمكن تحديد الأمور الرئيسية التي تحدد درجة الدقة في أعمال المساحة وهي:

1. الغرض من العمل المساحي (Purpose of Survey).
2. طبوغرافية منطقة المشروع (Type of Topography).
3. كثافة التفاصيل وإستعمالات الأراضي (Intensity of Land Uses).
4. الإعتبارات الإقتصادية (Economic Considerations).

ونتيجة الكم الهائل من المعلومات المطلوبة وإعتبارات الدقة و السرعة في الإنجاز فإنها تستوجب جميعها أن يكون هناك فريق عمل رئيسي بدقق ويوجه وينسق أعمال الفرق الأخرى التي يهتم كل منها بمجال محدد طيلة فترة مراحل المشروع التصميمية و التنفيذية، والشكل (1-3) التالي يبين الفريق الرئيسي و الفرق التابعة له و التي غالبا ما يتطلبها أي مشروع نهدف من ورائه تحقيق إنجاز معين بمواصفات عالية.



الشكل (1-3) الفرق المساحية اللازمة لإنجاز مشروع مسار معين {5}

لا يتطلب الإنجاز الجيد للمشروع توفير الكوادر الفنية و الأجهزة و المواد فحسب بل تتطلب إيجاد أسس للإتصال و التعاون بين الفرق من ناحية معرفة مستلزمات الفرق الأخرى و توثيق المعلومات بشكل جيد و مدروس حتى يسهل عملية الرجوع لها في أي وقت و الشكل (2-3) يبين حجم العلاقة التي تربط كل فريق بالفرق الأخرى بشكل يتناسب مع عدد الخطوط حيث أنه من الملاحظ أن فريق المساحة الأرضية و المساحة الجوية يتساويان من حيث الأهمية مع فريق الهندسة المدنية.

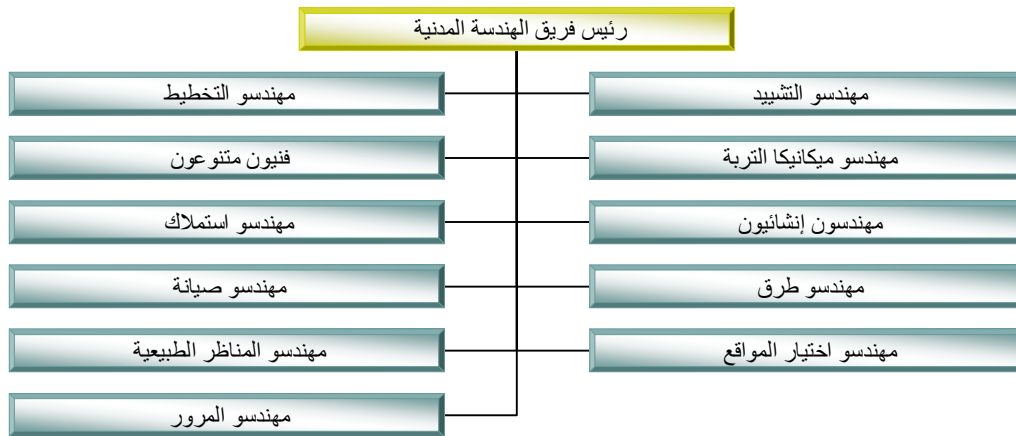


الشكل (2-3) قوة العلاقة بين مختلف الفرق العاملة في المشروع {5}

2-3 فريق الهندسة المدنية:-

يعد هذا الفريق من أهم الفرق العاملة في المشروع لذلك ينبغي أن يضم هذا الفريق متخصصين أو مهندسين خبراء في مجالات عديدة منها التخطيط و المرور وإختيار المواقع و الصيانة و التصميم الإنشائي و الإستملاك و التنفيذ الإنشائي، إلى غير ذلك من التخصصات المتعلقة بهذا الفريق.

يلازم هذا الفريق الهام فريق آخر يحتوي على الفنيين في مجالات إنشاء الجسور وأعمال الحفريات، والفرشيات، الخلطات الإسفلتية و الصيانة و المرورالخ، حيث إن أردنا تقسيم هذا الفريق فإنها ناتجة عن الشعب التالية و الموضحة في الشكل (3-3).

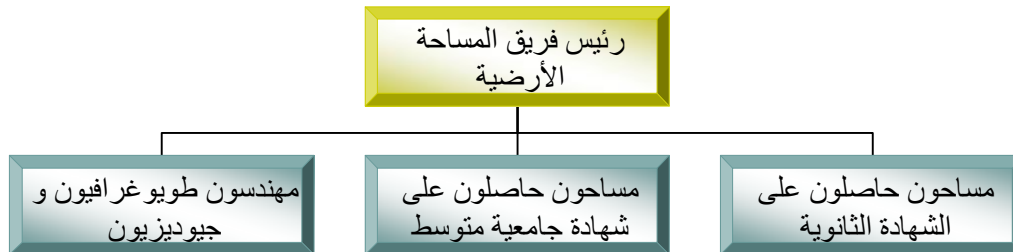


الشكل (3-3) الشعب الممثلة لفريق الهندسة المدنية {5}

3-3 فريق المساحة الأرضية:-

لا يمكن الإستغناء عن هذا الفريق على مدى تصميم و تنفيذ الطريق أو المسار حتى في أعمال الصيانة المستقبلية، فلذلك فإن كفاءة هذا الفريق تعتمد عليها أمور كثيرة، وما يسببه عدم الدقة من هذه المجموعة إلى أخطاء كبيرة يترتب عليها هدر للمال و الوقت، لذلك فإنه يحتوي على مهندسين متخصصين

في مجالات الجيوديزيا والطبوغرافيا إضافة إلى مساحين وفنيين ذوي خبرة واسعة و الشكل (4-3) يمثل المستويات للعاملين ضمن هذا الفريق.

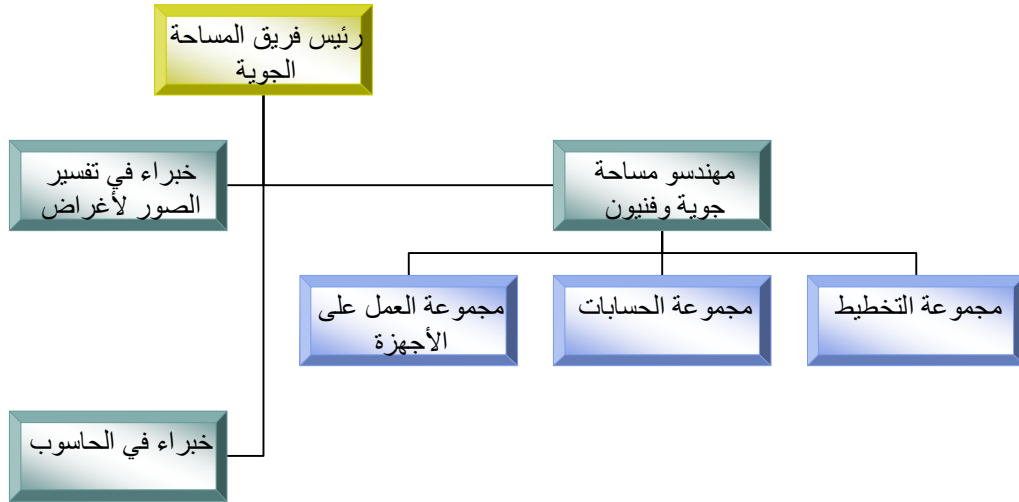


الشكل (4-3) العاملون في فريق المساحة الأرضية {5}

يتركز عمل هذا الفريق في مجال مساحة المثلثات و المضلعات و أعمال التسوية العادية و المثلثية الدقيقة و توقيع المنحنيات الأفقية و الرأسية و غرس أوتاد الميول و تحديد حرم الطريق و مواقع الجسور و العبارات و الخنادق وغيرها من المنشآت المختلفة إضافة إلى حساب الكميات.

4-3 فريق المساحة الجوية:-

يشتمل هذا الفريق على مهندسين و فنيين في مجالات تفسير الصور لغايات متعددة (زراعية و جيولوجية و مرور و صيانةالخ) و عمل مخططات و خرائط طبوغرافية متنوعة من خلال الصور الجوية و أجهزة المساحة الجوية و حساب الإحداثيات و الأبعاد و معالجة البيانات باستخدام الحاسب حيث يرأس هذا الفريق مهندس مساحة جوية، و الشكل (5-3) يمثل العاملون في فريق المساحة الجوية.



الشكل (3-5) العاملون في فريق المساحة الجوية {5}

3-5 العلاقة بين الفرق الهندسية المختلفة:-

3-5-1 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وفريق هندسة المساحة الأرضية:-

يجب أن تكون العلاقة بين الفريقين وثيقة خصوصا في قضايا الدقة المطلوبة ومحاولة الإسراع في الوقت وتخفيض التكاليف عند وضع المواصفات والشروط الفنية، لتنفيذ مختلف مراحل المشروع. ومناقشة مراحل تنفيذ المشروع، ووضع الأولويات وتسلسل الأعمال وتكاملها.

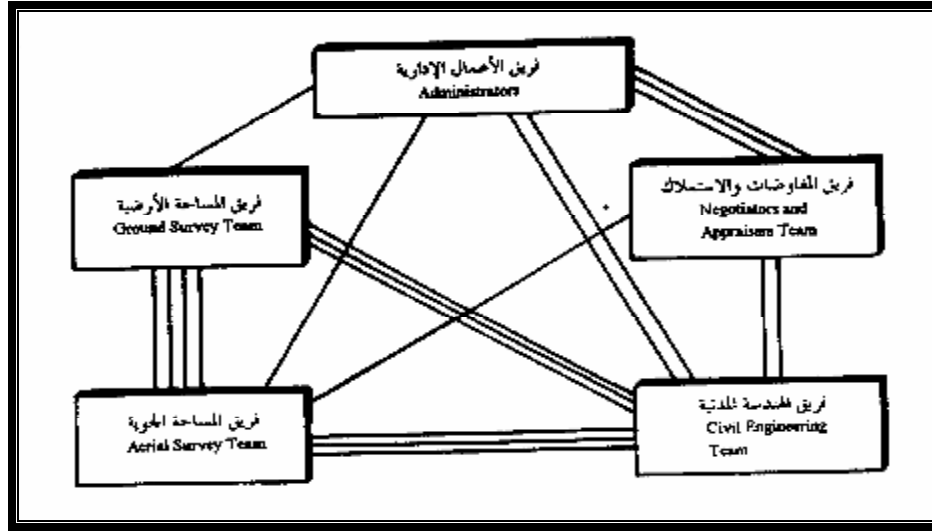
3-5-2 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وفريق هندسة المساحة الجوية:-

يحتاج فريق الهندسة المدنية إلى التعرف على الخدمات والمعلومات والدقة التي يمكن الحصول عليها من خلال فريق المساحة الجوية لمختلف مراحل المشروع، كذلك لا بد أن يقوم فريق المساحة الجوية بالتعرف على إحتياجات المشروع وتوضيح شروط الدقة وتكاليفها والوقت اللازم لها.

3-5-3 العلاقة بين فريق المساحة الأرضية وفريق المساحة الجوية:-

لعله من الواضح لدينا من الشكل (3-5) أن العلاقة بين فريق المساحة الأرضية و المساحة الجوية علاقة قوية إلى درجة يمكن جعلهما في فريق واحد حيث أنه لا يتم تحقيق الهدف و الدقة المطلوبة من دون تعاون وثيق وتكامل أكيد بين هذين الفريقين، ونتائج بعضهما تنعكس إيجابا أو سلبا على الآخر، فهنا تظهر فائدة فريق المساحة الأرضية حيث أنه المسؤول عن تزويد فريق المساحة الجوية بنقاط الربط اللازمة (Control Point) وهو أيضا القادر على الوصول والرصد داخل الغابات و المناطق السكنية المزدهمة عندما يعجز فريق المساحة الجوية عن عمل شبكات ضبط وحساب إحداثيات.

كذلك لا يمكن أن نخفي فضل فريق المساحة الجوية من ناحية تقديم المعلومات المكثفة و السريعة محققا في ذلك توفير للوقت و المال، ولكن يجب أن لا نهمل معلومة مفادها أن دقة كثير من الأعمال في المساحة الجوية تستند إلى دقة الكادر الفني لفريق المساحة الأرضية وبرامجه الحسابية ودقة أجهزته.



الشكل (3-6) يوضح العلاقة بين فرق الهندسة المختلفة المطلوبة في أعمال الطرق {5}

الفصل الرابع

تخطيط الطريق والأعمال المساحية

1-4 مقدمة:-

عند تصميم وإنشاء الطريق وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لضمان حسن الأداء ولمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشئت من أجله الطريق. لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور عدة مثل الإتجاهات والمسارب والإنعطافات والتقاطعات، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه لذلك يجب تصميمها جنبا إلى جنب أثناء تصميم الطريق. ومن الأمور الواجب مراعاتها عند فتح طريق جديدة أو تحسينها أن يكون هذا التحسين سيعود بالفائدة الإقتصادية والإجتماعية على المجتمع. لذلك يتم دراسة الجدوى الإقتصادية للطريق وأهميتها ومدى تلبية إحتياجات المجتمع لفترة مستقبلية عند فتح وتحسين هذه الطريق، لذلك فهي بحاجة للدراسة والتطوير والصيانة.

من أهم الأمور الواجب مراعاتها عند تصميم الطريق اخذ النقاط التالية بعين الاعتبار:

- 1- أن يكون الطريق أقصر ما يمكن.
- 2- أن يكون الميل مناسباً قدر الإمكان.
- 3- أن تكون الإستفادة من الطريق أكبر ما يمكن.
- 4- أن تكون التكلفة أقل ما يمكن.
- 5- مراعاة ملكية الأراضي والإهتمام بالنواحي الإجتماعية.

2-4 العوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق :-

حتى يكون الطريق أقصر ما يمكن يجب أن يكون مستقيماً بين نقاطه الحاكمة وهذا لا يمكن تحقيقه في معظم الأحوال لصعوبات عملية كثيرة مثل العوائق الطبيعية والصناعية التي قد تعترض المسار.

أولاً: النقاط الحاكمة :-

وهي النقاط التي يجب أن يمر بها الطريق وتعتمد على العوامل التالية:-

- § المناطق المراد خدمتها.
- § وجود بعض العقبات.
- § مناطق يفضل القرب منها (مناطق سياحية).
- § مناطق يجب الابتعاد عنها (مثلاً وجود آثار في منطقة معينة).

ثانياً: التصميم الهندسي للطريق :-

أسس التصميم الهندسي للطريق مثل الإنحدارات وأنصاف أقطار المنحنيات ومسافة الرؤية تتحكم في الاختيار النهائي للمسار ويجب أخذ النقاط التالية بعين الاعتبار:-

- § ميل الطريق.
- § إمكانية التنفيذ.
- § التصميم الأفقي.
- § التصميم الرأسي.

ثالثاً: التكلفة :-

أن تكون تكلفة الطريق أقل ما يمكن مع مراعاة أن تكون الاستفادة من الطريق أكبر ما يمكن مع المحافظة على مستوى عالي من التصميم الهندسي ضمن الشروط و المواصفات التي يجب مراعاتها عند التصميم.

4-3 الأعمال المساحية لمسار الطريق:-

قبل توقيع مسار الطريق على الخرائط يجب أن يؤخذ في الاعتبار جميع النقاط السابقة. وهناك مراحل للأعمال المساحية هي:-

- 1- دراسة الخرائط Map Study .
- 2- المساحة الإستطلاعية Reconnaissance.
- 3- المسح الإبتدائي Preliminary Surveys.
- 4- المساحة التفصيلية Detailed Surveys.

أولاً: دراسة الخرائط:-

من واقع الخرائط الطبوغرافية يمكن تحديد عدة مسارات بديلة وتوقيعها على هذه الخرائط مع الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الواقع الفعلي.

ثانياً: المساحة الإستطلاعية:-

مهما تكن الخرائط لدى المهندس دقيقة إلا أنه يجب زيارة الموقع لإختيار أفضل مسار للطريق. وجمع المعلومات التالية:-

- § جميع العوائق غير الموضحة على الخرائط.
- § عدد ونوع المنشآت اللازمة لصرف المياه السطحية.
- § نوع وطبيعة التربة للموقع المقترح للمسار.
- § مصادر مواد الإنشاء وكيفية الحصول عليها.

ثالثاً: المسح الإبتدائي:-

أغراض المسح:-

- 1- عمل مسح مبدئي للمسارات المختارة بعد عملية الإستطلاع.
- 2- إتجاه الرياح وقوته.
- 3- مقارنة البدائل بالنسبة لمتطلبات التخطيط الجيد.

4- عمل دراسة إقتصادية للمسارات.

5- إختيار المسار النهائي.

ومن المسح الإبتدائي يمكن الحصول على جميع البيانات اللازمة لعمل التخطيط النهائي للطريق.

رابعاً: المساحة التفصيلية:-

بالنسبة للشارع المذكور تم القيام بعمل مضلع مغلق إحداثيات نقاطه مسجلة ومعتمدة لدى دائرة المساحة والأراضي من أجل ربط الطريق بنقاط معلومة الإحداثيات و المنسوب، و ذلك بإستخدام جهاز الدستومات في عملية المساحة الأرضية من أجل رفع مسار الطريق والمباني وأعمدة الكهرباء والهاتف الواقعة ضمن نطاق الطريق. وعمل مقاطع عرضية كل 25 متر مع مراعاة تقليل المسافة الفاصلة بين المقاطع العرضية عند التغير المفاجئ في طبيعة الطريق، وعند التقاطعات والمنحنيات. من أجل دقة العمل المساحي يتم معالجة المضلع من الأخطاء بإستخدام Adjustment by Least Squares وطريقة تصحيح المضلع من الأخطاء موضحة بالتفصيل في الفصل الثامن.

الفصل الخامس

حجم السير وإشارات المرور

1-5 مقدمة:-

قبل البدء بتصميم الطريق يجب أخذ حجم المرور و كثافته على ذلك الطريق بعين الاعتبار. فإذا كان الطريق مصمم على أرض الواقع يتم حساب حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه. أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور و كثافته بالرجوع إلى دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الشارع سواء كانت سكنية أو صناعية أو زراعية، حيث أنه على أساس ذلك نقوم بتصميم الطريق. و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور.

إن معدل السير اليومي أو السنوي مهم جدا في عمليات تخطيط الطرق و رسم سياستها و دراستها لان ذلك يؤثر في الطريق من حيث تصميم المنحنيات و الإنحدارات و سعة الطريق وتصميم سمك الرصف وغيرها من الأمور.

يعرف حجم السير بأنه عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال فترة زمنية معينة، أما كثافة السير فهي عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة أو طول معين من الطريق.

إن معرفة حجم السير مهم جدا في عملية تخطيط وتصميم الطرق وذلك من أجل تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.

2-5 تعداد المركبات:-

تتم عملية التعداد وذلك بإحصاء عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة، وتتم عملية التعداد في ساعات وأيام مختلفة لمعرفة ساعات الازدحام (الذروة)، إلا أن عدد المركبات يختلف من فترة إلى أخرى باختلاف أيام السنة وهذا يؤثر على التصميم الهندسي للطريق، وتهدف المعلومات الإحصائية إلى معرفة:-

- 1- عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من أجل تحديد ساعات وأيام الازدحام.
- 2- المعدل اليومي للسير (Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام.
- 3- مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال أيام السنة مقسوما على عدد أيام السنة (Annual Average Daily Traffic).
- 4- عدد المركبات المناسب والذي سيتم إعماله في التصميم.

ونظرا لأن عدد المركبات يختلف من وقت لآخر ومن يوم لآخر فإنه لا يمكن أخذ معدل عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة وذلك لان التصميم الهندسي للطريق يجب أن يكون قادرا على إستيعاب عدد المركبات في ساعات الازدحام.

3-5 أنواع التعداد على الطريق:-

بما أن إحصاء عدد المركبات على الطريق قبل التصميم أو تحسين الطريق من الأمور المهمة جدا، فإن لهذا التعداد أنواعا عدة منها:-

- § تعداد يجري على الطريق.
- § تعداد يجري على التقاطعات.
- § تعداد تصنيفي حسب أنواع المركبات.
- § تعداد إتجاهي يحدد إتجاه حركة المركبات من أجل تحديد حاجة التقاطعات إلى إشارات ووسائل تنظيم السير.

4-5 وسائل إجراء التعداد:-

- هناك عدة طرق متبعة لإجراء عملية التعداد للمركبات ومنها:
- § العد اليدوي: حيث يقوم فريق العمل باختيار أوقات مختلفة، ويقوم الفريق بتسجيل عدد المركبات التي تمر على الطريق وتصنيفها إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة. وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة في تصنيف أنواع المركبات إلا أنها تحتاج إلى فريق للعمل.
 - § العد الميكانيكي: ويتم ذلك باستخدام أجهزة التصوير والرادار. وتمتاز بأنها رخيصة التكاليف ولكن هذه الأجهزة لا تستطيع تصنيف المركبات إلى أنواع وتحتاج إلى صيانة مستمرة.
 - § المشاهد المتحرك: وهو شخص يقوم بالعد أثناء تحركه في سيارة تسير مع السيارات.
 - § المقابلة: حيث يتم توقيف السيارات وسؤال ركبها عن مكان إنطلاقهم ووجهتهم. إلا أن هذه الطريقة تحتاج إلى الكثير من الوقت وتحتاج إلى فريق كبير للعمل.

5-5 فترات التعداد:-

- إن إجراء التعداد على فترات مختلفة أمر في غاية الأهمية، وذلك من أجل الحصول على معلومات دقيقة يتم على أساسها التصميم. ويمكن وضع فترات للتعداد كما يلي:-
- § تعداد في ساعات الإزدحام.
 - § تعداد في ساعات مختلفة من اليوم.
 - § تعداد في أيام العطل.
 - § تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.

6-5 السير الحالي والمستقبلي:-

إن حجم السير يزداد يوما بعد يوم، وعند التخطيط للمستقبلي للطريق يجب أن يؤخذ حجم السير المستقبلي على الطريق أثناء التصميم، تفاديا لحصول إختناقات مرورية مستقبلا، ولكي يفي الطريق بالغرض الذي صمم من أجله وهو إستيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي. لذلك يجب أخذ الأمور التالية بعين الإعتبار:-

§ السير الحالي: ويتم الحصول عليه بتعداد حجم السير على الطريق أو بتعداد حجم السير على الطرق المؤدية إلى الطريق المراد تصميمه.

§ الزيادة الطبيعية في عدد المركبات (Peak Factor) الناتجة عن زيادة عدد السكان وزيادة استخدام المركبات.

§ السير المتطور والناتج عن فتح وتحسين الطريق في المنطقة مما يؤدي إلى تطور الصناعة والسياحة في المنطقة.

إن جميع أنواع الزيادة في عدد المركبات كما ذكر يؤدي إلى مضاعفة حجم السير الحالي على الطريق على مدى 15 أو 20 عاما.

5-7 عمر الطريق:-

إن جميع العوامل من زيادة حجم السكان وحجم السير تدل على أنه لا يمكن تخطيط وتصميم الطريق بناء على حجم السير الحالي وإنما يتم التصميم بناء على عمر مستقبلي للطريق مثلا 20 عاما ليستوعب حجم المرور خلال هذه الفترة، وبعدها تصبح الطريق غير ملائمة وبحاجة إلى إعادة تأهيل. ولذلك لا بد أن يحدد عمر نزع الملكية لخمسين عام.

إن تصميم الطريق لفترة قصيرة يؤدي إلى الحاجة المستمرة لإعادة التأهيل، أما التصميم لفترة زمنية طويلة يسبب زيادة التكاليف بشكل كبير.

5-8 إشارات المرور:-

تستعمل الإشارات المرورية لتوصيل المعلومات للسائق و الراجل و تتألف من لوحات رسم عليها أسهم أو كلمات أو الإثنان معا بحيث تكون المعلومات واضحة و تناسب حالة السير و نوع الطريق.

5-8-1 أنواع الإشارات:-

تقسم الإشارات إلى أربعة أنواع رئيسية ولكل نوع من هذه الأنواع شكل خاص متعارف عليه حتى يسهل تفهمه من قبل السائق وهذه الأنواع هي:-

- 1- إشارات التحذير: كإشارة إنحدار حاد أو منعطف خطر وتكون هذه الإشارة مثلثة الشكل.
- 2- إشارات الأوامر: حيث إن هذه الإشارة تعطي الأوامر إلى السائق مثل أمر قف، تمهل، وغيرها من الأوامر وهذه الإشارة تكون مستديرة الشكل.
- 3- إشارات المنع: مثل ممنوع المرور، ممنوع التجاوز، وهي مستديرة الشكل.
- 4- إشارات التعليمات (التوجيه): وهي تعطي التعليمات إلى السائق مثل إستراحة، مكان وقوف، وهذه تكون مربعة أو مستطيلة الشكل.

5-8-2 مواصفات الإشارات:-

يجب أن يكون للإشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها، فالإشارات يجب أن تكون واضحة للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة، كما يجب أن تكون الكتابة التي على الإشارة واضحة ومفهومة للسائق من مسافة طويلة كافية لكي يتصرف طبقاً للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق. وحتى يتحقق ذلك فإنه لا بد من الانتباه إلى الأمور الرئيسية التالية في الإشارة وهي:-

- 1- أبعاد الإشارة: كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة كلما تحسنت رؤية السائق لها.
- 2- تباين الألوان في الإشارة: إن التباين ضروري جداً لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق بإستعمال ألوان مختلفة ذات لمعات مختلفة.
- 3- الشكل: يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من أجله.
- 4- الكتابة: تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل وهي نوع الكتابة، حجم الأحرف، وسماكة الخط، والمسافات بين الكلمات والأسطر وعرض الهامش.

5-8-3 موقع الإشارة:-

يجب أن تكون الإشارة في موقع وإرتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون أن تضطره إلى صرف إنتباهه عن الطريق، كما يجب أن توضع الإشارة قبل مسافة كافية من المكان الذي تشير إليه، وأن تتناسب هذه المسافة مع سرعة السيارة. فإذا كانت الإشارة تدل على وجود مفرق طرق مثلا فإنه يجب وضع الإشارة قبل مسافة كافية من المفرق لكي تمكن السائق من التخفيف من سرعته تمهيدا للدخول في الطريق الفرعية. وعادة توضع الإشارة قبل مسافة (45) متر من الموقع المراد.

جدول (5-1) المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الذي تدل عليه الإشارة

سرعة السيارة (كم / ساعة)	50	65	80	95	120
المسافة بين الإشارة والتقاطع (متر)	45	90	150	220	300

5-9 علامات المرور على الطريق:-

5-9-1 أهداف علامات المرور:-

إن علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة مفردة أو مزدوجة، بيضاء أو سوداء أو صفراء، كما أنها قد تكون أسهما أو كتابة (كلمات). أما أهداف علامات المرور فهي:-

1. تحديد المسارب وتقسيمها.
2. منع التجاوز.
3. فصل السير الذاهب عن القادم.
4. منع الوقوف أو التوقف.
5. تحديد أماكن عبور المشاة.
6. تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
7. تحديد مواقف السيارات.

8. تعيين الإتجاهات بأسهم (يميناً، يساراً) لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.
9. تحديد جانبي الطريق.
10. إعطاء تعليمات ومعلومات إلى السائق مثل إتجه إلى اليمين ، توقف ، وغير ذلك.

2-9-5 الشروط الواجب توافرها في علامات المرور:-

إن هذه العلامات تنظم حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم، هذا ويراعى في هذه العلامات الأمور التالية :-

- 1- أن تكون صالحة للرؤية في الليل والنهار وواضحة في كافة الأوقات والظروف.
- 2- أن تتوافق فيها الألوان.
- 3- أن تكون من مواد تعمر طويلاً وتقاوم التزحلق.
- 4- أن تكون تعليماتها سهلة الفهم ومرئية من مسافة كافية.

3-9-5 أنواع علامات المرور:-

1. الخطوط: تكون الخطوط بعرض 10 سم وهي متصلة أو متقطعة، أما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب وفصل السير في الإتجاهين، أما المتصلة فتستعمل لفصل السير ومنع التجاوز في آن واحد. توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة كما توضع خطوط صفراء في المناطق التي يحظر على السيارات المرور فوقها.

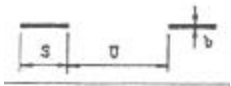
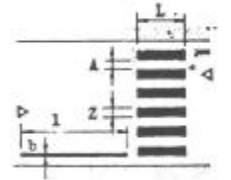
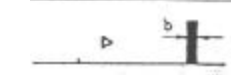
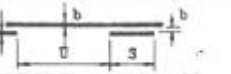
2. الكلمات: تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو إتجه يميناً، وغير ذلك. ويجب أن تكون الكلمات كبيرة ومناسبة ليطسنى قراءتها، ولا تزيد عن كلمة أو كلمتين، كما يجب أن تكون الأحرف مناسبة لموقع السائق.

3. الأسهم: تستعمل الأسهم إما بدلا من الكلمات لتحديد الإتجاهات أو مع الكلمات كسهم يتجه إلى اليمين مع كلمة إلى اليمين.

4. اللون: يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات إلا أنه يجب الإهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الشارع.

5. المواد العاكسة: تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة، وهذا ضروري في الليل لكي يبين حدود المسرب. إن استعمال أدوات عاكسة كعيون القطط أو غيرها عملية مفيدة جدا وتعكس الضوء من مسافات طويلة.

جدول (2-5) أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع

type	Marking	Thicknes s cm	Ratio s/v m	Application
Lane lines (white)		10-20	3/6 3/9 3/3	- Between lanes of the same direction - at channelization
Pedestrian crossing (white/black)		b= 10-20 I >=10m L=2.5m Z=50-70 A=Z or Z+20		Pedestrian crossing are necessary at: - intersections. -near schools , shopping a.s.o. - in residential areas> - on streets with heavy traffic>
Stop line (white)		>=30		-stop streets. - light signals. - rails crossing>
Double axial line (white)		10-20	3/6 3/9	At inadequate sight distance for one direction at -curves. -crests & sags.
Limitation line (white)		30-50	0.3/0.3 0.5/0.5	On secondary roads when meeting with main roads.

10-5 الإضاءة على الطرق:-

إن إضاءة الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد السائق على قيادة السيارة في الليل بنفس السرعة التي يقود بها في النهار، مما يقلل من وقت الرحلة. والإضاءة مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح.

1-10-5 مواصفات الإضاءة:-

إن إضاءة الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات محددة مبنية على تجارب وأبحاث سابقة. ولذلك يجب مراعاة ما يلي:-

1. الإهتمام بمكان أعمدة الإضاءة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق أو على الأرصفة فقط أو على الأرصفة والجزيرة معا.

2. الأهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعات وأطوال أذرعتها والمسافات بينها.

3. الأهتمام بنوع المصابيح المستعملة حيث إن لكل نوع مزاياه ونواقصه، فبعض المصابيح يتأثر بالأمطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج إلى صيانة مستمرة.

4. دراسة نوع سطح الطريق ومدى مقدرته على عكس الإضاءة حيث إن نوع المصابيح وتوزيع الأعمدة وغير ذلك من الأمور تتأثر بنوع سطح الطريق ومقدرته على عكس الضوء.

5. الإهتمام بتوزيع الإضاءة حيث إن الإضاءة يجب أن توزع بانتظام لأن ذلك يقرر توزيع الأعمدة وأبعادها وقوة المصابيح.

5-10-2 أنواع المصابيح الرئيسية:-

1. مصابيح التنجستن (Tungsten Filament).
2. مصابيح الصوديوم (Sodium Vapour).
3. مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent).
4. المصابيح الزئبقية (High-Pressure Mercury Lamps).

* مصابيح التنجستن (Tungsten Filament):-

هذا النوع يستخدم في إضاءة الشوارع والأرصفة وأماكن التسوق حيث أنها تستخدم بكثرة لأنها ذات تكلفة معقولة وتعطي إضاءة جيدة.

* مصابيح الصوديوم (Sodium Vapor):-

تعطي إضاءة عالية وقوية وتكون مائلة اللون إلى الأصفر وهي أفضل الأنواع المستخدمة لإضاءة الطرق لأن توهجها مناسب للعين ولا يسبب أي إزعاج لمستخدمي الطريق.

* مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent):

من الأنواع المستخدمة بكثرة في إضاءة الطرق ولكن هذا النوع من المصابيح كلفته عالية.

* المصابيح الزئبقية (High-Pressure Mercury Lamps):-

وهذا النوع من المصابيح شبيه للنوع (Sodium Vapour) في الصناعة والتركيب إلا أن (Mercury) يحل محل Sodium وهي تعطي إضاءة بيضاء اللون وتستخدم في أماكن التسوق.

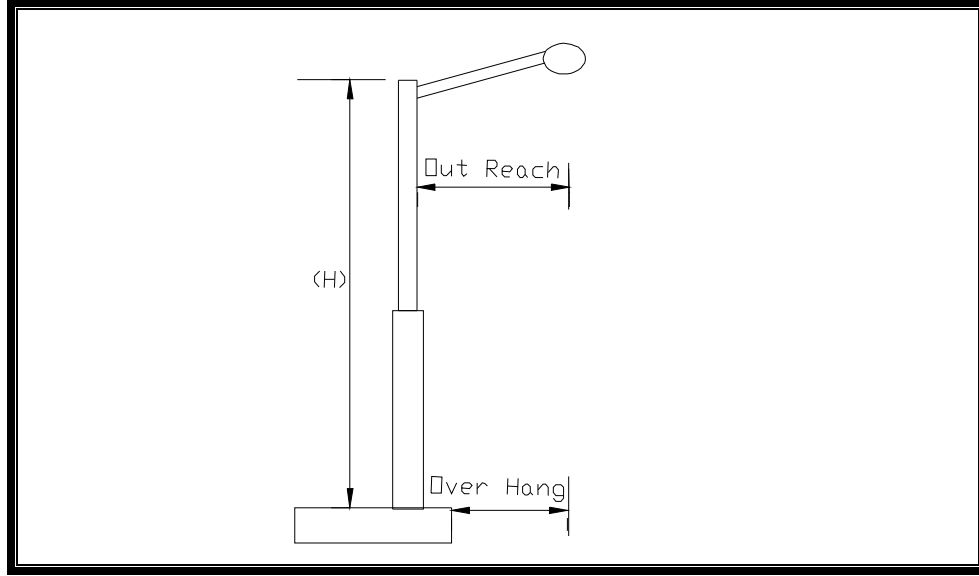
❖ يجب تعريف بعض المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق:-

1- المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود (Out Reach).

2- المسافة بين مركز المصباح وطرف الرصيف الداخلي (Over Hang).

3- المسافة بين العמוד والعمود الذي يليه (Spacing).

4- إرتفاع العמוד عن سطح الأرض (H).



الشكل (1-5) المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق

3-10-5 ترتيب الأعمدة على الطريق:-

هناك عدة خيارات لتثبيت أعمدة الإضاءة على الطرق، ولكل نوع هناك معادلات خاصة يجب أن تتحقق وذلك لإختيار الترتيب المناسب وهذه الأنواع هي:-

1- ترتيب الأعمدة على جهة واحدة من الطريق:

بحيث تتحقق المعادلة التالية:

$$h > e \text{(1-5)}$$

حيث :

h: إرتفاع العمود.

e: عرض الطريق.

2- ترتيب الأعمدة في الجزيرة الموجودة في وسط الطريق

بحيث تتحقق المعادلة التالية (2-5) $L < 1.5 * h$
حيث :

L: المسافة من طرف الرصيف الخارجي إلى طرف الرصيف الخارجي المقابل.

3- ترتيب الأعمدة بشكل تعاقبي.

بحيث تتحقق المعادلة التالية:

$$h < e \text{(3-5)}$$

$$L < 1.5 * h \text{(4-5)}$$

4- ترتيب الأعمدة بشكل تقابلي.

بحيث تتحقق المعادلة التالية:

$$L > 1.5 * h \text{(5-5)}$$

$$h > L/2 \text{(6-5)}$$

وارتفاع الأعمدة الشائع إستعمالها هو (7.5,10,12 متر)، والمسافة بين مركز المصباح والرصيف هي (1.5,2,2.5متر) على التوالي. وأفضل ترتيب للأعمدة هو الترتيب التعاقبي وذلك للأسباب التالية:-

1- توفر إضاءة للرصيف والطريق.

2- عند صيانة الأعمدة لا يتعطل السير.

3- تعطي توزيع جيد للإضاءة على الطريق.

4-10-5 خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق:-

(1) نصنف الطرق حسب درجتها:-

A1: طريق رئيسية بين المدن.

A2: طريق محلية داخل المدن.

A3: طريق ريفية.

Group	إرتفاع العمود (H)	عرض الطريق (e)										المسافة بين الرصيف ومركز المصباح
		7.62	9.14	10.69	12.00	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	
		المسافة بين العامود والعامود الذي يليه										
A1	7.62	30.5	25.9	21.3	18.3	16.8	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	36.6	36.6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8	-	-	-	2.29
	10.69	42.7	42.7	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9	-	2.59
	12.19	48.8	48.8	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.90
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4	-	-	-	2.29
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	39.6	36.6	33.5	30.5	27.4	-	2.59
	12.19	53.3	53.3	53.3	53.3	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	2.90
A3	7.62	36.6	36.6	32.0	27.4	24.4	-	-	-	-	-	1.82
	9.14	44.2	44.2	44.2	39.6	35.1	32.0	29.0	-	-	-	2.29
	10.69	51.8	51.8	51.8	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	-	2.59
	12.19	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	56.4	51.8	47.2	42.7	39.6	2.90

جدول (3-5) المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة

ملاحظة: تم اعتماد ارتفاع العמוד المستخدم في التصميم (10.69 متر)، وحيث أن عرض الطريق (12 متر)، من الجدول (4-5) تبين أن المسافة اللازمة بين كل عמוד والذي يليه هي (45.7 متر). لتحديد الطريقة التي نريد ترتيب الأعمدة على أساسها نطبق المعادلات الخاصة بالطريقة التعاقبية للترتيب، فإذا تحققت نعتد الطريقة التعاقبية في ترتيب الأعمدة:-

$$L = 16 \text{ m}$$

$$e = 12 \text{ m}$$

$$h = 10.69 \text{ m}$$

$$h < e$$

$$L < 1.5 * 10.69$$

بناءً على النتائج الموجودة نعتد الترتيب التعاقبي للأعمدة.

الفصل السادس

التصميم الهندسي للطريق

1-6 مقدمة:-

يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق ولذلك يجب أن يغطي هذا التصميم الإنحدارات سواء كانت طولية أو عرضية، والتصميم الأفقي والرأسي للطريق، ومسافات الرؤية والتوقف والتجاوز، وتصميم التقاطعات، ويجب أن يفي التصميم بالأمور المتعلقة بالسلامة المرورية على الطريق.

ولتصميم طريق جديد أو تأهيل طريق قديم يجب الإنتباه إلى عوامل مختلفة يتأثر بها التصميم. لذلك يجب الأخذ بما يلي:-

- 1- أن يتمشى التصميم مع حجم المرور المتوقع للمتوسط اليومي ولساعة الذروة مع نوع المركبات وسرعتها.
- 2- أن يؤدي الطريق إلى قيادة آمنة للسيارات والسائق.
- 3- أن يكون التصميم متكاملاً مع تجنب التغيرات المفاجئة على المنحنيات أو الإنحدارات.
- 4- أن يكون التصميم شاملاً لجميع الوسائل الضرورية من علامات الإرشاد والتخطيط والإضاءة.
- 5- أن يكون التصميم إقتصادياً بقدر الإمكان.

2-6 التصنيف الوظيفي للطرق:-

التصنيف الوظيفي هو العملية التي يتم بموجبها تقسيم الطرق إلى أنواع أو أنظمة وفقاً لطبيعة الخدمة التي تؤديها، ومن أساسيات هذه العملية أن ندرك أن الطرق المفردة لا تخدم حركة السفر والانتقال بوضعها المستقل خدمة ذات أهمية كبيرة، فالواقع أن معظم حركة السفر والتنقل تتم باستخدام عدد من الطرق ولذلك فمن

الضروري أن تقرر الكيفية التي يمكننا بها توجيه حركة السير ضمن شبكة الطرق ككل بطريقة فعالة، وهنا تأتي أهمية التصنيف الوظيفي الذي يتم عن طريقه تحديد الدور الذي يؤديه كل طريق لخدمة حركة المرور والنقل. ومن تصنيفات الطرق:-

أ - طرق رئيسية:

تربط هذه الطرق مراكز الأنشطة الرئيسية في المناطق الحضرية وترتبط بالشبكة الإقليمية وتتحمل أكبر حمل مروري خلال المنطقة الحضرية وعروض هذه الطرق حوالي (40 متراً فأكثر).

ب - طرق ثانوية:

تقوم هذه الطرق بتجميع المركبات من الطرق الرئيسية وتقوم بتوزيعها إلى درجات الطرق الأقل وعروضها حوالي (16 - 25 متراً).

ج - طرق من الدرجة الثالثة (محلية):

تقوم بتجميع المركبات خلال المناطق السكنية ومناطق الأنشطة إلى درجات الطرق الأعلى وتحمل أقل مقدار من المرور في الشبكة وتعتبر أقل درجة في التدرج الهرمي لشبكة الطرق وعروضها حوالي (12-16 متراً).

3-6 أسس التصميم الهندسي للطرق:-

يجب مراعاة الأمور التالية عند القيام بالتصميم الهندسي للطريق:-

***حجم المرور:** يعتبر حجم المرور من الأسس الرئيسية التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع. والتعداد الذي قام به فريق العمل الموضح بالتفصيل في الفصل الخامس.

*** تركيب المرور:** وهذا يتطلب تحديد نسبة العربات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

*** السرعة:** وتشمل :-

1- السرعة التصميمية: هي أعلى سرعة مستمرة يمكن أن تسير بها السيارة بأمان على طريق رئيسي عندما تكون أحوال الطقس مثالية وكثافة المرور منخفضة وتعتبر مقياساً لنوعية الخدمة التي يوفرها الطريق. والسرعة التصميمية عبارة عن عنصر منطقي بالنسبة لطبوغرافية المنطقة.

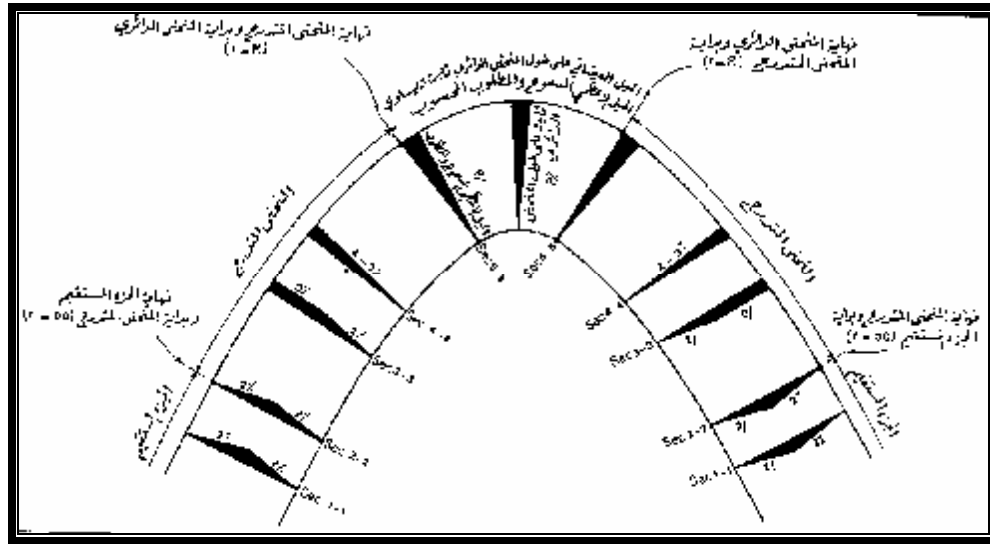
ومن مواصفات السرعة التصميمية (Design Speed Standards) يجب أن تكون خصائص التصميم الهندسي للطريق متناسبة مع السرعة التصميمية المختارة والمتوقعة للظروف البيئية وظروف التضاريس كما يجب على المصمم إختيار السرعة التصميمية المناسبة على أساس درجة الطريق المخططة وخصائص التضاريس و حجم المرور والإعتبارات الاقتصادية.

2- سرعة الجريان Running Speed: تعتبر السرعة الجارية للمركبة في قطاع معين من الطريق عبارة عن المسافة المقطوعة مقسومة على زمن الرحلة (فقط زمن سير المركبة).

3- السرعة اللحظية المتوسطة Average Spot Speed: هي عبارة عن المتوسط الحسابي للسرعات لجميع المركبات عند لحظة محددة لجميع المركبات عند نقطه محددة بقطاع صغير من الطريق.

*** عرض الحارة:** يلعب عرض الحارة دورا كبيرا في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض الحارة عن 3 أمتار. وفي حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة 3.75 متر نظرا لمرور عربات النقل بسرعة كبيرة. وبالنسبة للطريق في هذا المشروع كان بعرض 12متر.

*** الميول العرضية:** لتسهيل عملية صرف المياه يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق. وقد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ. وفي حالة وجود جزيرة وسطى فإن كل إتجاه يعمل به ميل خاص به كما لو كان من حارتين. وقد تم إعتداد الميول العرضية للطريق بمقدار 2% على الجانبين.



شكل (1-6) إدخال الميل العرضية على الطريق {5}

وتتوقف قيمة الميل العرضية على نوع الرصيف.

والجدول (1-6) قيمة الميل العرضية حسب نوع الرصيف {5}

الميل العرضية المفضلة	نوع الرصف
20:1 إلى 25:1	طريق ترابي
48:1 إلى 60:1	رصف إسفلتي
60:1 إلى 72:1	رصف خرساني

***الميل الطولية:** في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب. وفي المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي 0.5 متر على الأقل. وفي المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ 0.3 متر على الأقل، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري. ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف الأمطار.

1.25 متر كحد أدنى و3.6 متر كحد أقصى للطرق السريعة. ويجب أن تزود الأكتاف بميول عرضية كافية لتصريف المياه من الطريق جانبياً ولكن يجب أن لا يزيد هذا الميل إلى الحد الذي يسبب خطورة على العربات المتوقفة عليه.

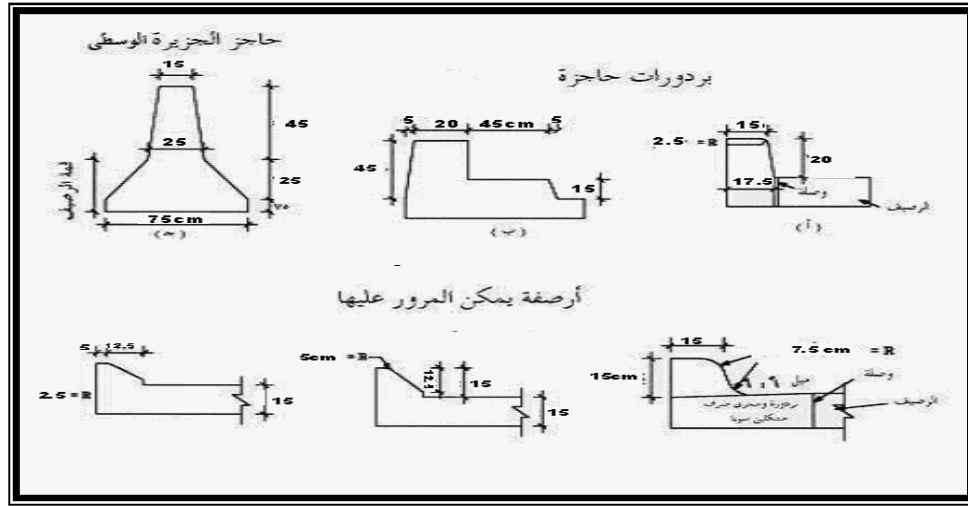
***الأرصفة:** تعتبر الأرصفة داخل المدن جزء مكمل للشوارع. أما الشوارع المارة بالقرب من الضواحي عند مناطق المدارس والمصانع والأسواق فالحاجة إليها تكون ماسة. وبالطبع تعتبر الأرصفة حالة خاصة جداً ووجودها يتوقف على مرور المشاة وعلى سرعة وعدد العربات المارة هذا بالإضافة إلى إمكانية وجود خطر بالنسبة للمشاة في هذه المناطق. حيث كان عرض الرصيف في المشروع مترين لكل جانب كما هو سيوضح في التصميم.

***الأطاريق:** يتأثر السائقين كثيراً بنوع الأطاريق ومواقعها. وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والإنتفاع به وتستخدم الأطاريق في تنظيم صرف المياه. ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقاط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق.

تقوم الأطاريق غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الأطاريق بأنها بروز ظاهره أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيراً في الطرق المارة بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الأطاريق. وهناك نوعان رئيسيان من الأطاريق. كل منهما له عدة أشكال وتفصيلات تصميمية ومن أنواعها:-

أ- الأطاريق الحاجزة: هي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبياً وهي مصممة لمنع السيارات أو على الأقل صرفها عن محاولة الخروج عن الرصف ويختلف إرتفاعها بين (15- 22.5 سم تقريباً ويستحب أن يكون الوجه مائلاً ولكن على ألا يزيد ميل الوجه في الغالب عن حوالي 1 سم لكل 3 سم من الإرتفاع وتعمل إستدارة للركن العلوي بنصف قطر من 2 إلى 8 سم وتستخدم الأطاريق الحاجزة فوق الكباري وتعمل وقاية حول الدعامات وأمام الحوائط أو بجوار الأشياء الأخرى لمنع إصطدام المركبات بها، والأطاريق التي تستعمل عادة في الشوارع هي من النوع الحاجز وإذا كان من المتوقع أن تقف المركبات بموازية البردورة فيجب ألا يزيد إرتفاعها عن عشرين سنتيمتراً حتى لا تحدث إحتكاك برقارف المركبات وأبوابها. والقاعدة العامة أن تبعد الأطاريق الحاجزة مسافة 50 إلى 60 سم إلى خارج الحد الخارجي لطريق السير.

ب- الأطاريق الغاطسة: وهي مصممة بحيث يسهل على المركبات اجتيازها دون إرتجاج عنيف أو إختلال في القيادة ويختلف إرتفاع هذه الإطاريق من 10 إلى 15 سم وميل الوجه فيها 1:1 أو 1:2.



الشكل (3-6) الأنواع المختلفة الاطارييف.

4-6 مواصفات ومحددات التصميم:-

أولاً: مسافة الرؤية (Sight Distance):-

مسافة الرؤية هي المسافة التي يراها السائق أمامه على طول الطريق دون أية عوائق ومن الضروري جداً في التصميم توفر مسافة رؤية كافية لضمان أمان التشغيل وتحقيق مسافة الرؤية الكافية للوقوف ويجب أن توفر باستمرار بطول الطريق.

تعتمد مسافة الرؤية على عدة عوامل منها السرعة، تخطيط الطريق أفقياً ورأسياً، وجود الأبنية والأشجار ونوعية السيارات التي ستستعمل الطريق، وحالة الطقس والإضاءة، وإرتفاع عين السائق عن سطح الطريق (أي علو السيارة)، وإرتفاع العوائق التي يراها السائق على الطريق.

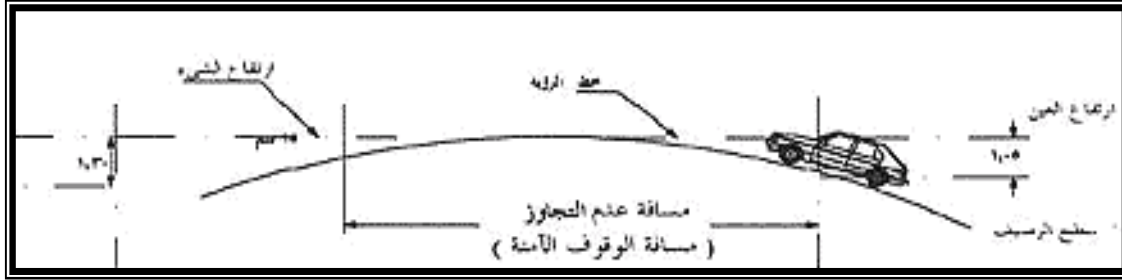
ثانيا: مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance):-

تعرف مسافة الرؤية التصميمية للتوقف الآمن بمقدار الحد الأدنى للمسافة الضرورية لتوقف مركبة تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم دون أن تصطدم بعائق يعترض خط سيرها (التوقف الآمن)، ومن الواضح أنه قبل أن يتمكن السائق من التوقف نهائيا، يكون قد صرف وقتا في تمييز العائق وإجراءات رد الفعل وقتا آخر يعتمد على مدى تجاوب المركبة ميكانيكيا وعلى طبيعة سطح الطريق إحتكاكيا. ومن المفيد جدا أن تكون مسافة الرؤية للتوقف الآمن محققة عند كل نقطة من الطريق وبأطول ما يمكن ولا يجوز أن تقل بحال من الأحوال عن القيم التالية المتناسبة مع سرعة التصميم .

والجدول التالي يوضح القيم الصغرى لمسافات الرؤية الضرورية للتوقف الآمن والمتناسبة مع قيم مختارة للسرعة التصميمية.

الجدول (3-6) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف {1}

120	110	100	90	80	70	60	50	40	30	25	20	السرعة التصميمية (كم/ساعة)
285	245	205	170	140	110	80	60	45	30	25	20	مسافة الرؤية للتوقف الآمن (متر)



الشكل (4-6) يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن {5}

وتستخدم هذه المعادلة لحساب مسافة الرؤية للتوقف الآمن:-

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254f} \dots\dots\dots 6.1$$

V: سرعة العربة (كم/ساعة)

f: معامل الإحتكاك.

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية).

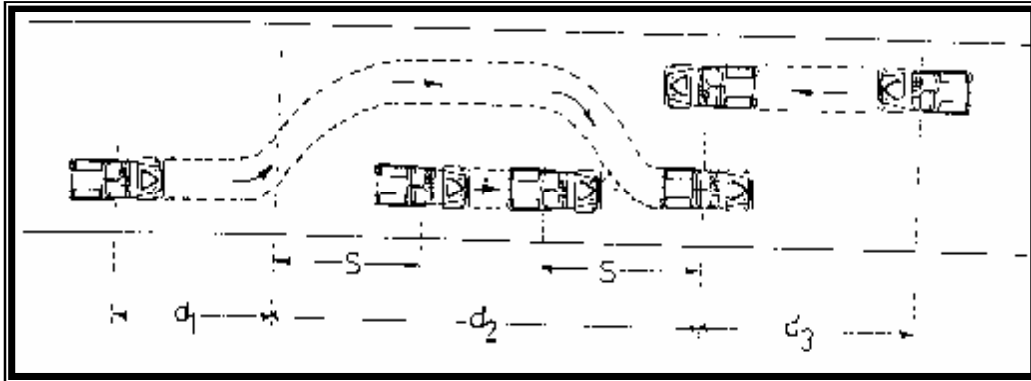
المعادلة (6.1) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترّب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالعدد (2).

جدول (6-4) العلاقة بين السرعة ومعامل الإحتكاك {2}

السرعة (كم/ساعة)	20-30	40	50	60	70	80	100
معامل الاحتكاك (f)	0.4	0.38	0.37	0.36	0.36	0.35	0.35

*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 التجاوز دون إحتكاك بالسيارة التي يتخطاها ودون أن تعترضه أي عربة مضادة يحتمل ظهورها بعد أن يبدأ التجاوز ثم يعود إلى الحارة اليمنى بسهولة بعد عملية التجاوز.



الشكل (5-6) مسافة الرؤية للتجاوز {5}

ويمكن استخدام المعادلات التالية لإيجاد مسافة الرؤية للتجاوز الآمن (بالمتر):

$$OSD = d1 + d2 + d3.....6.2$$

$$OSD = 0.28Vb.t + .028VbT + 2S + 0.28V.T.....6.3$$

$$T = \sqrt{\frac{14.4S}{A}}.....6.4$$

$$S = 0.7Vb + 6.....6.5$$

حيث:

OSD: مسافة الرؤية للتجاوز.

S: أقل مسافة كافية يجب أن يحافظ عليها السائق بينه وبين السيارة التي أمامه (متر).

d1: المسافة التي تقطعها العربة في بداية الإستعداد للتخطية وإحتلال الحارة الأخرى.

d2: المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتخطية خلال فترة التخطية.

d3: المسافة المقطوعة بالعربة القادمة من الإتجاه الآخر خلال فترة التخطية.

Vb: سرعة السيارة المتجاوز عنها (كم/ساعة).

t: زمن رد الفعل (عادة يفترض 2 ثانية).

V: سرعة السيارة المتجاوزة (كم/ساعة).

T: الزمن الذي تستغرقه المركبة للقيام بعملية التجاوز (ثانية).

A: تسارع السيارة المتجاوزة (كم/ساعة²).

في حالة عدم معرفة سرعة السيارة المتجاوز عنها يمكن إيجادها من العلاقة التالية:

$$Vb = (V - 16).....6.6$$

حيث v: السرعة التصميمية (كم /ساعة).

وتؤثر الميل الحادة في الطريق على مسافة الرؤية للتجاوز سواء كانت صعودا أو نزولا؛ فهي تزيد

مسافة الرؤية للتجاوز الآمن.

تصبح المعادلة (6.1)

$$S.D = 0.278vt + \frac{V^2}{254(f \pm N)}.....6.7$$

حيث: N هي المجموع الجبري لميل مماسي المنحنى الرأسي.

وهذه المعادلة تم إستخدامها لتحديد أطوال المنحنيات الرأسية المحدبة حسب مسافة الرؤية للتوقف.

الفصل السابع

التخطيط الأفقي والرأسي

7-1 مقدمة:-

يكون المسار للطريق عبارة عن أجزاء مستقيمة و أخرى دائرية، فلا بد من ربط هذه الأجزاء مع بعضها بواسطة منحنيات تنقلنا من الأجزاء المستقيمة إلى الأجزاء الدائرية بشكل تدريجي تجنباً للانتقال المفاجئ وذلك حفاظاً على سلامة الركاب.

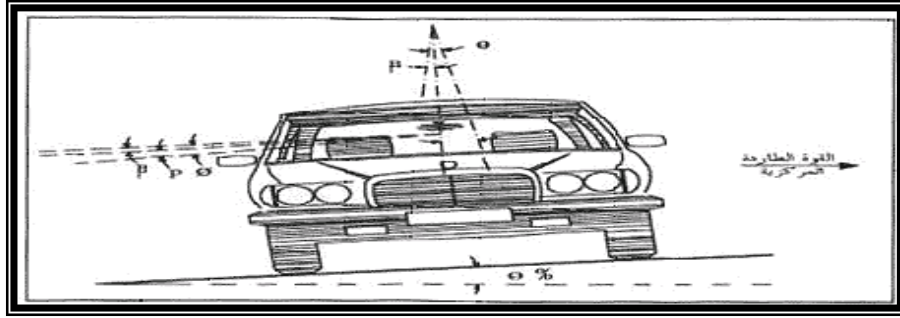
و حتى نحصل على تصميم متزن للطريق يجب أن نأخذ بعين الاعتبار أسس التصميم الهندسي التي تعطي انسياب مستمر للمرور عند السرعة التصميمية كما يجب أن نأخذ في عين الاعتبار العلاقة بين السرعة التصميمية و أنصاف أقطار المنحنيات و ارتفاع الحافة الخارجية للرصفة عن الحافة الداخلية.

7-2 القوة الطاردة المركزية:-

إن إنتقال المركبة من الجزء المستقيم إلى الجزء الدائري سوف يعرضها لحظة دخولها المنحنى إلى قوة طاردة مركزية قد تؤدي إلى قلب المركبة في بعض الأحيان كما هو موضح في شكل (7-1). حيث إن القوة الطاردة المركزية تتناسب تناسباً عكسياً مع نصف قطر المنحنى.

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من المالا نهائية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر. و لمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم و المنحنى الدائري، و بالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي حيث أن المركبة سوف تسير أولاً على الجزء المستقيم ذو نصف القطر

الكبير جداً أي دون تأثير للقوة الطاردة المركزية ثم تبدأ المركبة دخول المنحنى، عندها سوف تبدأ قيمة القوة الطاردة المركزية تتزايد بشكل منتظم و تدريجي إلى أن تدخل المنحنى الدائري الذي نصف قطره ثابت و محدد فتثبت القوة الطاردة و تبقى إلى نهاية المنحنى الدائري ثابتة، وعند دخولها المنحنى المتدرج الثاني فإن قيمة القوة الطاردة الثابتة سوف تبدأ بالتناقص بشكل تدريجي نتيجة لتزايد نصف القطر على المنحنى المتدرج الثاني إلى لحظة دخول المركبة إلى الجزء المستقيم فتتلاشى القوة الطاردة المركزية.



الشكل (7-1) تأثير القوة الطاردة المركزية {6}

$$p = \frac{m v^2}{R} \dots\dots\dots(7-1)$$

حيث أن:

p : القوة الطاردة المركزية.

m : كتلة المركبة.

R : نصف قطر المنحنى.

v : سرعة المركبة.

أي أن القوة الطاردة المركزية تتناسب عكسياً مع نصف قطر المنحنى وعندما تكون العربة على الجزء المستقيم من الطريق يكون (R) مالا نهاية (Infinity) وبالتالي فإن القوة الطاردة المركزية (P) تساوي صفر. ولمنع قفز القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة.

3-7 ارتفاع ظهر المنحنى:-

ارتفاع ظهر المنحنى هو عبارة عن رفع الحافة الخارجية للطريق عن الحافة الداخلية. حيث أن المركبة عندما تسير على المنحنى وتكون سرعتها عالية فإنها سوف تتعرض إلى قوة طاردة مركزية تؤثر على المركبة مما يتسبب في انزلاق المركبة وقد تؤدي إلى انقلابها. وللتقليل من هذه الأضرار على المنحنيات يتم رفع الحافة الخارجية حيث تعمل على مقاومة القوة الطاردة المركزية و التقليل من تأثيرها على المركبات أثناء السير على المنحنيات حيث أن العلاقة التالية توضح ذلك:

$$e = \frac{V^2}{gR} \dots\dots\dots(7-2)$$

و لكن يجب أن نأخذ بعين الاعتبار القوة الناتجة عن الإحتكاك بين العجلات و سطح الطريق حيث أنها تساهم في زيادة ثبات المركبات على المنحنى.

$$e + f = \frac{V^2}{gR} \dots\dots\dots(7-3)$$

حيث أن:

V : السرعة التصميمية للمركبة.

R : نصف قطر المنحنى.

f : معامل الإحتكاك.

e : ارتفاع ظهر المنحنى.

g : عجلة الجاذبية الارضية

تتراوح قيمة معامل الإحتكاك الجانبي القصوى حسب السرعات المختلفة وذلك بناء على الجدول (1-7):

جدول (1-7) قيم معامل الإحتكاك حسب السرعة التصميمية {5}

السرعة التصميمية كم/ساعة	48	46	80	96	112	128
معامل الإحتكاك (f)	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11

الحد الأقصى لمعدل ارتفاع ظهر المنحنى في حالة المرور المختلط يؤخذ عادة 1 : 15 (0.067 لكل متر)
كما أن الحد الأدنى يجب أن لا يقل عن الميل العرضي اللازم لصرف مياه الأمطار.

4-7 زيادة إتساع الرصفة عند المنحنيات:-

يتم زيادة إتساع الرصف عند المنحنيات حيث يتم زيادة الإتساع إما على الطرف الخارجي للمنحنى أو بتوزيعه على الطرفين الداخلي و الخارجي للمنحنى. والجدول (2-7) يوضح قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر

الجدول (2-7) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر {5}

نصف قطر المنحنى (متر)	حتى 60	61-150	151-300	301-900	أكبر من 900
التوسعة (متر)	1.2	0.9	0.6	0.3	-

من الأسباب التي تدفعنا لتنفيذ التوسعة على المنحنيات هي:

- 1 – عند المنحنى لا تتبع العجلات الخلفية العجلات الأمامية.
- 2 – يزداد العرض مما يساعد على رؤية المركبة القادمة بسهولة.
- 3- لا تلتصق السيارة تماماً بالرصف على المنحنى.

لحساب مقدار التوسعة على المنحنيات نطبق العلاقة التالية:

$$w = \left[\left(\frac{nI^2}{2R} \right) + \left(\frac{V}{9.5\sqrt{R}} \right) \right] \dots\dots\dots(7-4)$$

حيث أن:

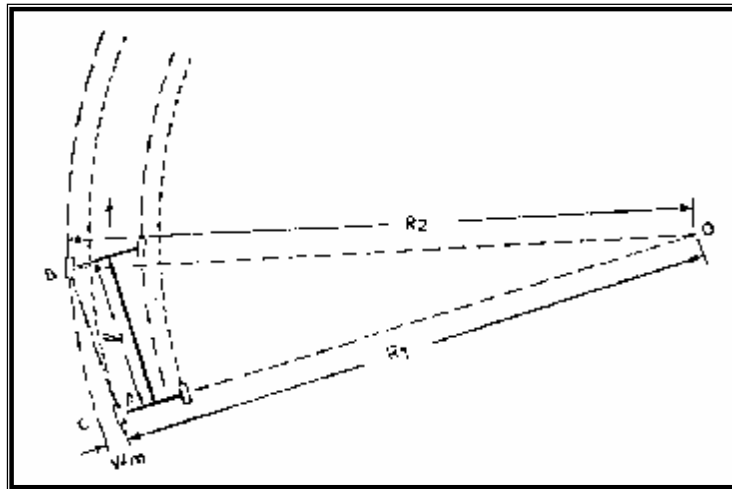
w : زيادة إتساع الرصف عند المنحنيات.

n : عدد الحارات.

I : إتساع قاعدة العجل لأطول عربة و تؤخذ عادةً حوالي 6.1 متر.

V : السرعة التصميمية على المنحنى.

R : نصف قطر المنحنى.

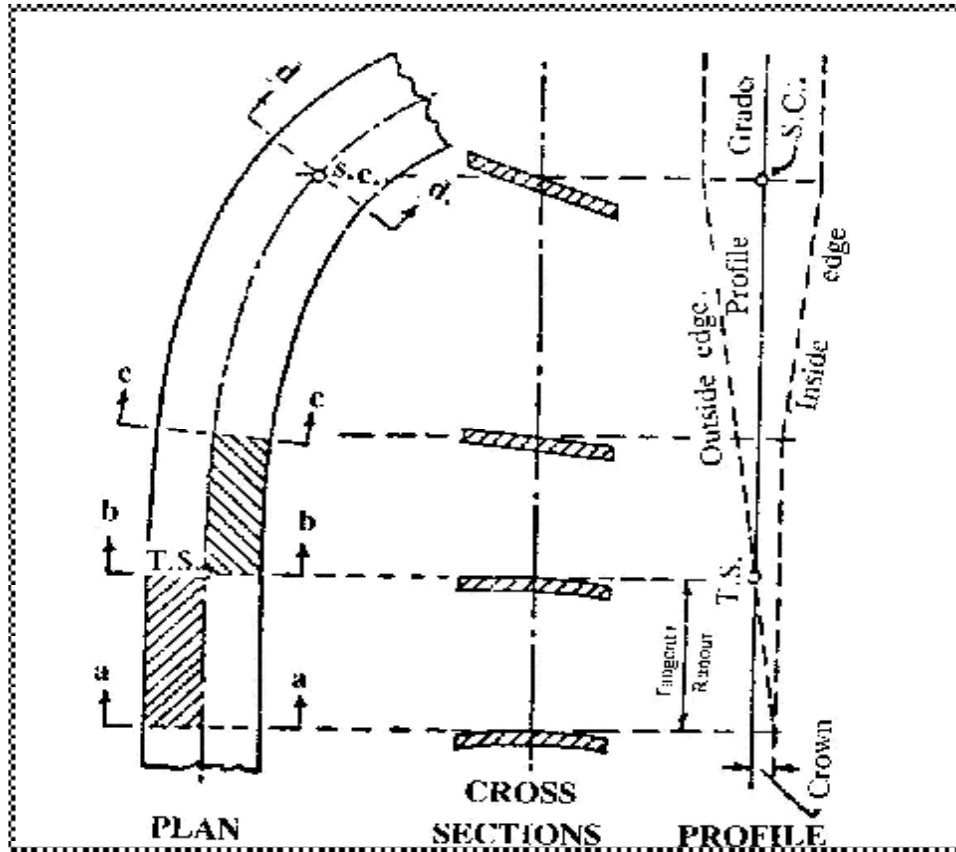


الشكل (2-7) يوضح شكل المركبة على المنحنى {6}

1-4-7 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق:-

حيث يتم بإحدى الطرق الثلاث التالية:

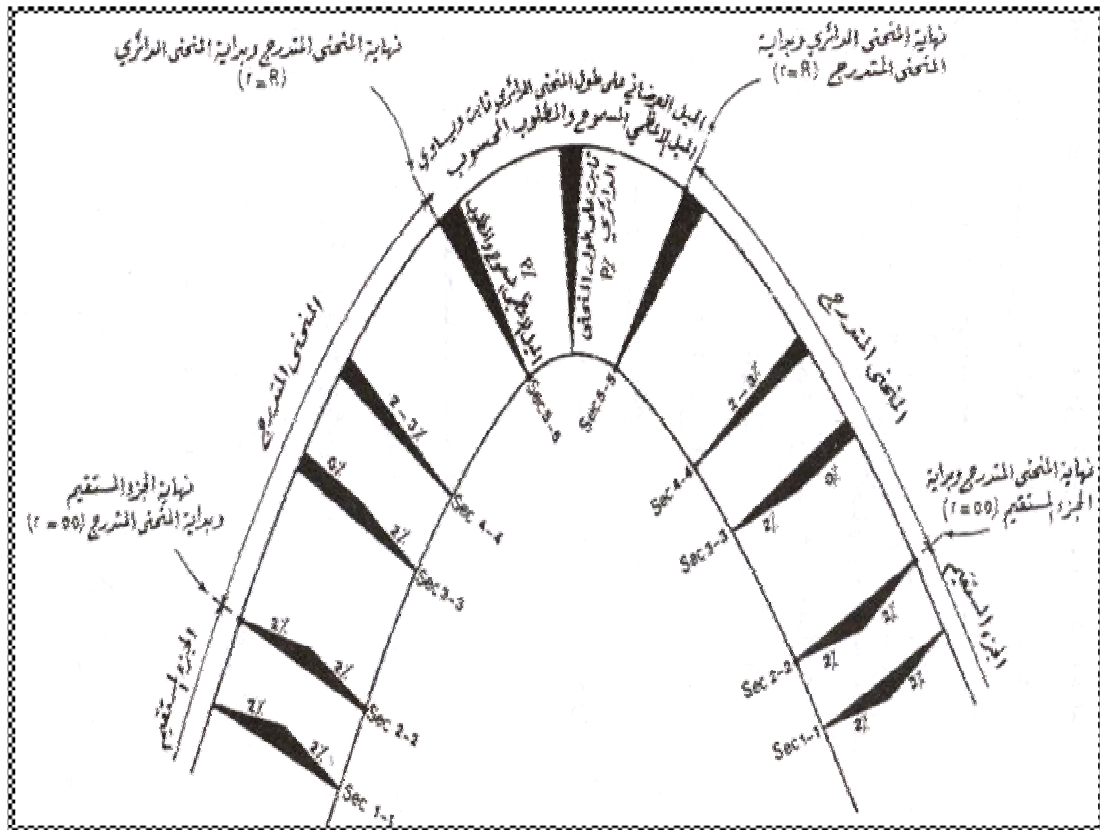
***الطريقة الأولى:** يبقى محور الطريق ثابتاً، ويبدأ جانب الطريق بالإرتفاع والدوران حول المحور وفي نفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتاً حتى يصبح كامل السطح على إستقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالإنخفاض، والجانب الأول بالإرتفاع ويبقى سطح الطريق على إستقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب، وعند الخروج من المنعطف يعود السطح بالدوران حول المحور حتى يعود سطح الطريق مائلاً بالإتجاهين المتعاكسين بنسبة 2%.



الشكل (3-7) كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور {5}

***الطريقة الثانية:** يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى الجانب الثاني ثابتا حتى يصبح كامل سطح الطريق على إستقامة واحدة بميل 2%، عند ذلك يدور كامل سطح الطريق حول حافة الطريق الداخلية و(ليس حول محور)، بحيث أن كامل سطح الطريق يرتفع بدلا من إرتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.

***الطريقة الثالثة:** يبدأ كامل سطح الطريق بالإنخفاض و الدوران حول طرف الطريق الخارجي (ظهر المنعطف)، حتى يصبح سطح الطريق على إستقامة واحدة، بعدها يحصل دوران لكامل السطح حتى يصل للميلان المطلوب.



الشكل (4-7) التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية {5}

5-7 المنحنيات الأفقية:-

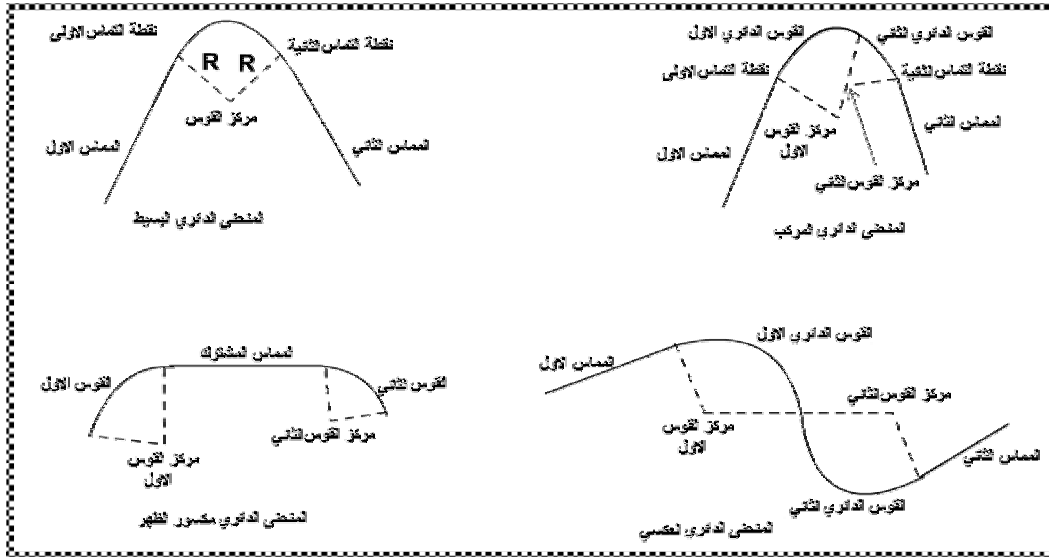
الهدف من إستخدام المنحنيات هو وصل الأجزاء المستقيمة ببعضها بشكل تدريجي لتفادي التغيرات المفاجئة في الإتجاهات التي تسبب الإزعاج للسائقين، و هناك أنواع متعددة من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة المتقاطعة، وهي كما يلي:-

- المنحنيات الدائرية.

- المنحنيات المترجرة.

1-5-7 المنحنيات الأفقية الدائرية:-

تُعرف المنحنيات الأفقية إما بنصف قطر المنحنى أو بدرجة المنحنى و يجب اختيار نصف القطر بحيث يتماشى مع السرعة التصميمية للطريق .
تقسم المنحنيات الدائرية إلى أربعة أنواع كما هي في الشكل التالي :



الشكل (5-7) أنواع المنحنيات الدائرية {6}

أولاً: المنحنى الدائري البسيط:-

هذا المنحنى عبارة عن جزء من دائرة ذات نصف قطر محدد وثابت، حيث يصل بين خطيين مستقيمين مختلفين في الإتجاه عند نقطتي الوصل.

بمعرفة نصف قطر المنحنى الدائري المراد تصميمه و معرفة زاوية انحراف المماسين (Δ) يمكن حساب عناصر المنحنى الدائري البسيط من العلاقات التالية:

$$L = \frac{p\Delta R}{180} \dots\dots\dots(7-5)$$

$$T = R \left(\tan \frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(7-6)$$

$$M = R \left(1 - \cos \frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(7-7)$$

$$E = R \left(\sec \frac{\Delta}{2} - 1 \right) \dots\dots\dots(7-8)$$

$$LC = 2R \left(\sin \frac{\Delta}{2} \right) \dots\dots\dots(7-9)$$

حيث أن:

T: طول المماس.

E: المسافة الخارجية.

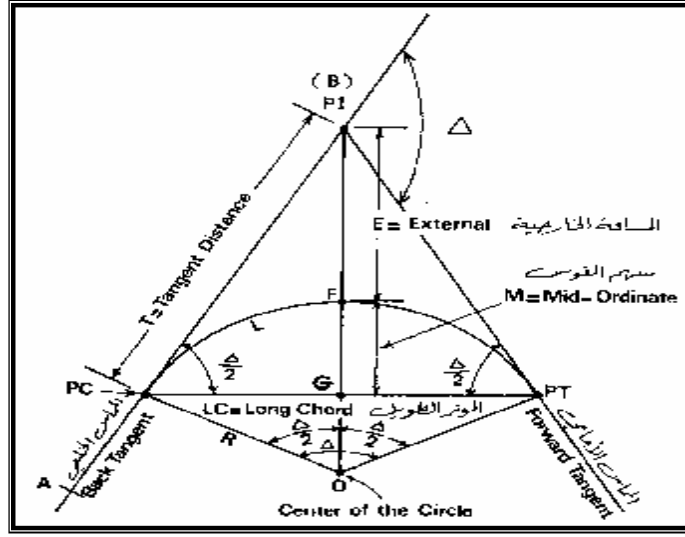
M: سهم القوس.

LC: الوتر الطويل.

L: طول المنحنى .

Δ : زاوية انحراف المماسين.

و جميع هذه العناصر موضحة في الشكل التالي:-



الشكل (6-7) عناصر المنحنى الدائري البسيط {6}

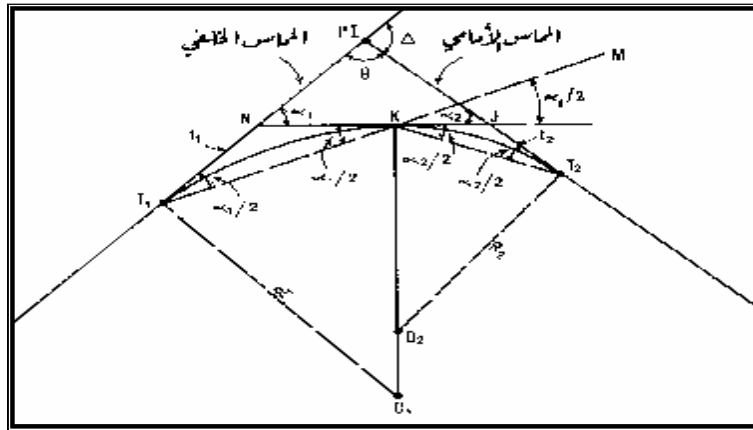
ثانياً: المنحنيات الدائرية المركبة:-

يتألف المنحنى المركب من منحنين دائريين أفقيين (أو أكثر) متتابعين بحيث تكون نقطة التماس الثانية للمنحنى الأول هي نفسها نقطة التماس الأولى للمنحنى الثاني. و تستخدم لوصل خطين مستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد و لكن ضمن الشروط التالية:-

§ أن تكون أنصاف الأقطار لهذه الأقواس الدائرية مختلفة.

§ جميع مراكز هذه الأقواس الدائرية في جهة واحدة.

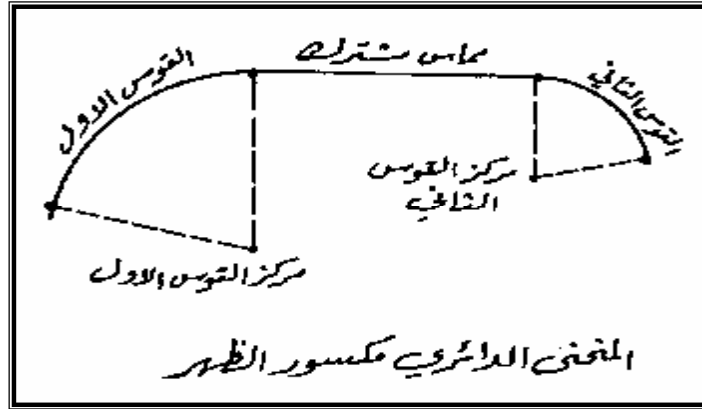
§ الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.



الشكل (7-7) عناصر المنحنى الدائري المركب {6}

ثالثاً: المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر:-

يطلق هذا الاسم على الجزء المكون من منحنيين دائريين مركزيهما في جهة واحدة و متصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك واحد و قصير يقل طوله عن 30 م.

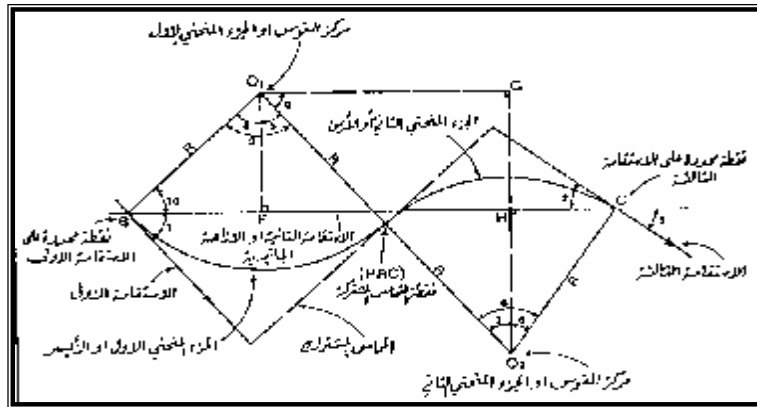


الشكل (7-8) عناصر المنحني الدائري مكسور الظهر {6}

رابعاً: المنحنيات الدائرية العكسية:-

يتم وصل الخطيين المستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد و تحت الشروط التالية:

- 1- مراكز القوس ليست في جهة واحدة.
- 2- أنصاف أقطار هذه الأقواس قد تكون متساوية أو مختلفة.
- 3- الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعض.

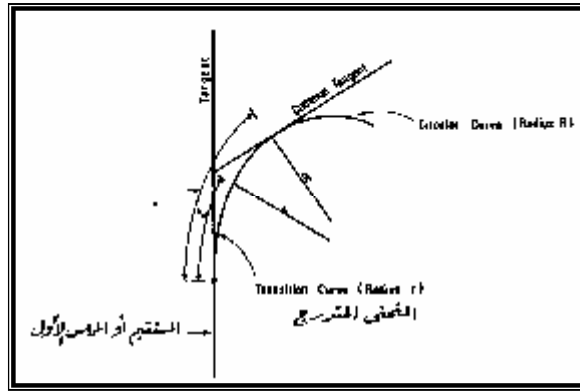


الشكل (7-9) المنحنيات العكسية {6}

7-5-2 المنحنيات المتدرجة:-

يعرف المنحنى المتدرج بأنه المنحنى الرياضي الذي يتغير فيه مقدار القطر بشكل مستمر و تدريجي على طول المنحنى و في العادة يبدأ بنصف قطر كبير مالا نهاية و ينتهي بنصف قطر محدود، ومن الطبيعي حسب هذا التعريف أن يكون هناك عدد كبير من المنحنيات المتدرجة المختلفة.

إن الانتقال المفاجيء من درجة انحناء مساوية للصفر حيث نصف قطر الجزء المستقيم يساوي مالا نهاية إلى درجة إنحناء محدودة يعرض المركبة إلى تأثير القوة الطاردة المركزية مما يسبب إزعاجا للمسافرين أو إنقلاب المركبة إذا لم تؤخذ الضوابط الكافية من حيث سرعة المركبة و ميل مقطع الطريق العرضاني، لذلك يجب أن يغطي طول منحنى المتدرج معدل تغير القوة الطاردة المركزية ومعدل ميل إرتفاع الظهر. من هنا يتبين لنا فائدة إستخدام المنحنيات المتدرجة التي من شأنها ضمان الانتقال التدريجي عند نقاط التماس من الأجزاء المستقيمة ذات درجات الانحناء المعنومة أو أنصاف الأقطار كبيرة جدا إلى أجزاء منحنية بدرجات انحناء أو أنصاف أقطار محدودة.

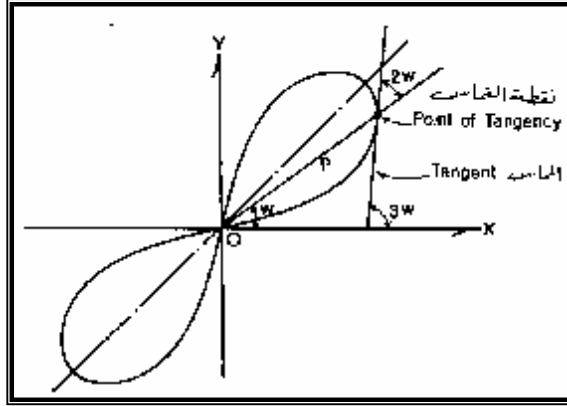


الشكل (7-10) المنحنيات المتدرجة {6}

٧ أنواع المنحنيات المتدرجة:-

1- ليمنسكات برنولي أو المنحنى البيضوي:

من صفات هذا المنحنى أنه مغلق و له محور تناظر وأن نصف قطره يبلغ قيمة عظمى عند النقطة التي يكون فيها المحور القطبي مائلا بمقدار معين فإذا ما عرف نصف القطر ومقدار الزاوية (w) أمكن حساب جميع عناصر الليمنسكات وعليه يغلب إستعماله في مشاريع الطرق.



الشكل (11-7) المنحنى البيضوي (برنولي) {6}

$$r^2 = k^2 \sin 2w \quad \dots\dots\dots(7-10)$$

حيث:

w : الزاوية القطبية المحصورة بين نصف القطر القطبي و محور السينات.

k : نصف القطر الشعاعي أو القطبي.

2 – الكلوتويد: يستعمل بكثرة في مشاريع خطوط السكك الحديدية فهو يبدأ بنصف قطر يساوي المالا نهائية و ينتهي بنصف قطر أصغر هو في الغالب نصف قطر المنحنى الدائري المراد وصله بالمستقيم ، أنظر شكل (10-7) أما المعادلة الأساسية لهذا المنحنى فهي كما يلي:-

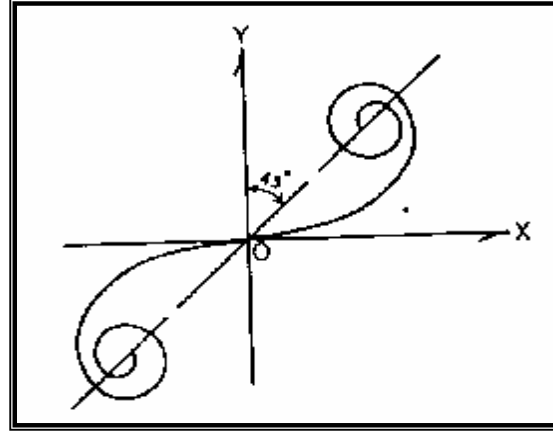
$$C = RL \quad \dots\dots\dots(7-10)$$

حيث أن:

C : ثابت معين.

R : نصف القطر.

L : طول منحنى الكلوتويد.



الشكل (12-7) الكلوتويد {6}

3 - القطع المكافئ المكعبي أو القطع المكافئ من الدرجة الثالثة:
يعتبر مناسباً عندما يراد وصل أجزاء مستقيمة بمنحنيات دائرية أنصاف أقطارها كبيرة نسبياً، حيث أن هذا المنحنى يغلب إستعماله في مشاريع خطوط السكك الحديدية، ومعادلته على النحو التالي:

$$Y = \frac{X^3}{6 RL} \dots\dots\dots(7-11)$$

حيث أن:

X & Y : ترمز إلى إحداثيات نقاط القطع المكافئ المكعبي.

R : مقدار نصف القطر.

L : طول المنحنى المتدرج.

v طول المنحنى المتدرج:-

يقترن طول المنحنى المتدرج بمعدل التغير في التسارع القطري، وعليه فإن زيادة التسارع القطري من صفر في بداية المنحنى المتدرج إلى نهايته تكون قد تمت خلال الفترة الزمنية التي إستغرقتها العربة في قطع المنحنى المتدرج وذلك حسب المعادلة التالية:-

$$t = \frac{L}{V} \dots\dots\dots(7-12)$$

وبذلك يكون طول المنحنى المتدرج مرتبطا بالعلاقة التالية:

$$l = \frac{v^3}{Ra} \dots\dots\dots(7-13)$$

L : طول المنحنى المتدرج بالمتر.

V : السرعة م/ث.

R : نصف قطر المنحنى الدائري بالمتر.

a : معدل التغير المسموح به للعجلة الطاردة المركزية.

a : 0.76 م/ث³ لسرعات حتى 32 كم/ ساعة.

a : 0.46 م/ث³ لسرعات اكبر من 96 كم/ ساعة.

a : $\frac{73}{V + 64}$ م/ث³ لسرعات بين 32 - 96 كم/ ساعة.

6-7 مقدار الإزاحة في القوس الدائري :-

إن دخول المركبة للمنحنى الدائري أي إنتقالها من نصف قطر كبير نسبيا إلى آخر صغير نسبيا قد يؤدي إلى إنقلابها لذلك يتم إستخدام المنحنيات المتدرجة، حيث يتم إستبدال المنحنى الدائري الأصلي بمنحنيين متدرجين وآخر دائري. أي أن المنحنى الدائري الأصلي سيزاح بمقدار S باتجاه المركز. ومقدار هذه الإزاحة تعطى حسب العلاقة التالية:-

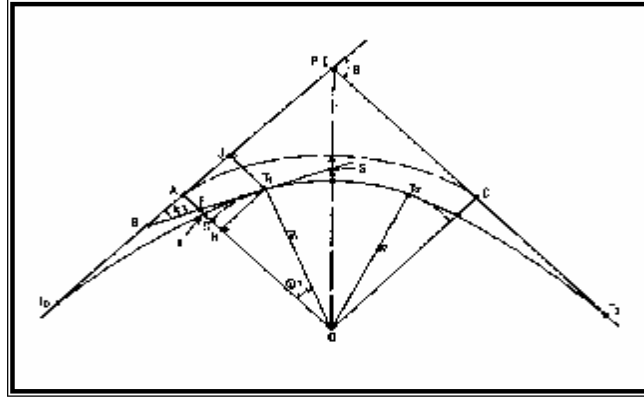
$$S = \frac{L^2}{24 R} \dots\dots\dots(7-14)$$

S : مقدار الإزاحة.

L : طول المنحنى المتدرج .

R : نصف قطر المنحنى .

الشكل (14-7) يوضح كيفية إدخال المنحنيين المتدرجين على المنحنى الدائري حيث انه يحدث إزاحة للمنحنى الدائري.



الشكل (13-7) الإزاحة في المنحنى الدائري {6}

***المعادلات الخاصة بحساب كل من المنحنيين المتدرج والدائري:**

طول كل من المنحنيين المتدرجين(7-15) $l = \frac{v^3}{Ra}$

§ مقدار الإزاحة(7-16) $S = \frac{l^2}{24R}$

§ طول المماس الكلي(7-17) $PT_0 = PT_3 = (R + S) \tan \frac{q}{2} + \frac{l}{2}$

§ أطوال الأقواس الجزئية للمنحنى المتدرج(7-18) $c = \frac{R}{40}$

§ زوايا الإنحراف الجزئية(7-19) $d = \frac{1800}{pRL} * l^2$

$$q' = q - 2f \quad \dots\dots\dots(7-20) \quad \S \text{ الزاوية المركزية للمنحنى الدائري}$$

$$L = \frac{pRq}{180} \quad \dots\dots\dots(7-21) \quad \S \text{ طول المنحنى الدائري}$$

$$c = \frac{R}{20} \quad \dots\dots\dots(7-22) \quad \S \text{ أطوال الأقواس الجزئية للمنحنى الدائري}$$

$$d' = 1718.87 \times \frac{c}{R} \quad \dots\dots\dots(7-23) \quad \S \text{ زوايا الإنحراف الجزئية للمنحنى الدائري}$$

* توسيع المنحنيات (Curve Widening):-:

يتم عمل التوسيع في المنحنيات بسبب عدم إتباع العجلات الخلفية لمسار العجلات الأمامية في المنحنيات, ويوضح جدول (3-7) مقدار التوسيع المطلوب للمنحنيات حسب السرعة التصميمية ونصف القطر, والتوسيع يتم وضعه من بداية المنحدر ثم بالطول الداخلي الكامل للمنحنى أنظر شكل رقم (7-15). ويكون مقدار التوسيع حسب المعادلة التالية:-

$$W_e = \frac{nI^2}{2R} + \frac{V}{9.5\sqrt{R}} \quad \dots\dots\dots(7-24)$$

حيث أن:

We: مقدار التوسيع الكلي على المنحنى (م)

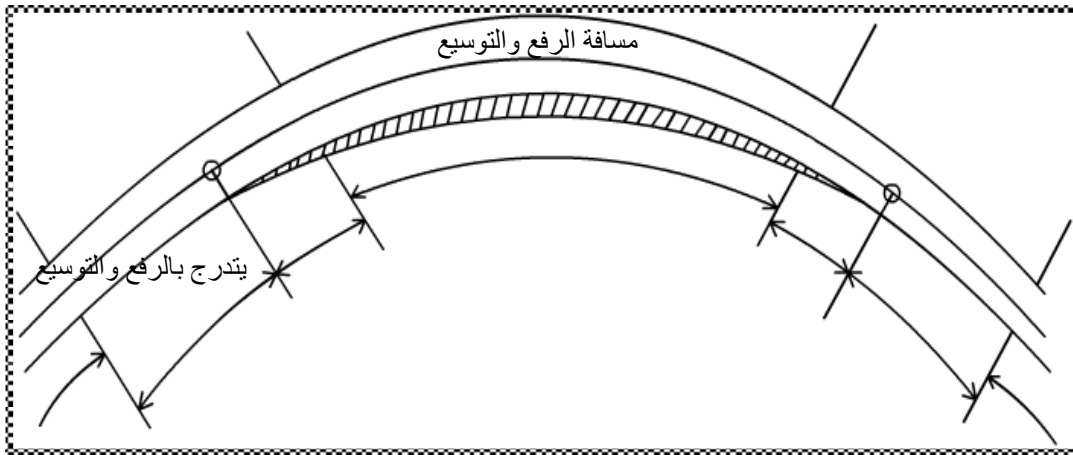
I: إتساع قاعدة العجل لأطول مركبة وتساوي (6.1)

n: عدد الحارات

R: نصف قطر المنحنى (م).

الجدول (3-7) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية {5}

مقدار التوسيع في الرصف (م)							مقدار التوسيع في الرصف (م)					نصف القطر (م)
حارة مرورية بعرض 3.65 م السرعة تصميمية (كم/ساعة)							حارة مرورية بعرض 3.25 م السرعة تصميمية (كم/ساعة)					
100	90	80	70	60	50	40	80	70	60	50	40	
0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	500
0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	400
0.7	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	350
	0.7	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	0	300
		0.8	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	0	0	250
		0.9	0.8	0.7	0.6	0.6	0.6	0	0	0	0	200
			0.8	0.8	0.8	0.6	0.6	0.6	0	0	0	175
			0.9	0.8	0.7	0.6		0.6	0.6	0	0	150
				0.9	0.8	0.7			0.6	0.6	0.5	125
					0.9	0.8				0.6	0.6	100
					1.1	0.9				0.8	0.7	80
						1.1					0.8	60
						1.3					0.9	50
						1.4					1.0	45



الشكل (14-7) طريقة توقييع التوسيع للمنحنى {5}

7-7 ملاحظات عامة عن التخطيط الأفقي:-

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

- أ- تأمين مسافة الرؤية الأفقية عبر الطرف الداخلي للمنحنى.
- ب- تأمين تصريف جيد للمياه السطحية.
- ت- تجنب المناطق السيئة جيولوجيا ومواقع المستنقعات.
- ث- التقليل ما أمكن من الأعمال الترابية.
- ج- الانسجام مع التضاريس و الطبيعة بشكل عام.
- ح- تجنب عمل منحنيات وصل قصيرة أو حادة ولكن يجب استخدام منحنيات متدرجة بأطوال كافية.
- خ- لتكن المسافة الأصغر بين منحنيين متتاليين (60 m)، خصوصا في الطرق السريعة.
- د- توسيع سطح الطريق المخصص للسير عندما يقل نصف قطر المنحنى عن (150 m)، إضافة إلى اعتبارات التعلية (Super Elevation) والسرعة.
- ذ- تخفيفا لآثار المنحنيات العكسية (إن وجدت) السلبية، لا بد من زيادة مقدار نصف القطر وتخفيض السرعة بالإضافة إلى وضع الإشارات التحذيرية الكافية في منطقة المنحنى العكسي، علما بأنه قد تنشأ ظروف تحتم علينا استخدام المنحنيات العكسية، على سبيل المثال
 - مرور الطريق من موقع معين لأسباب اقتصادية أو سياحية أوالخ.
 - وجود عوائق تحول دون استمرار الطريق بشكل ملائم.
 - ظروف إستملاك معقدة ومكلفة.
 - ظروف طبوغرافية قاهرة.

- ر- إذا كانت هناك عوائق تحول دون إستخدام منحني دائري بنصف قطر كبير أو مناسب، نلجأ عندها إلى إستخدام منحني مركب يساعد في تحقيق مرونة أكبر في مجال السرعة ولعناصر أخرى مؤثرة على تكلفة الطريق وجمالها.
- ز- في المناطق الجبلية، تكون تكلفة الإنشاء عالية في العادة، بسبب إرتفاع الأعمال الترابية مما يتطلب السير في الاتجاه الذي يقلل من حجم الأعمال الترابية، وعليه تكثر المنحنيات في مثل هذه الطرق.
- س- يجب أن لا تتجاوز التعلية (7%) وفي جميع الحالات لا يجب أن تتجاوز (12%).
- ش- إن قيمة التعلية المرغوبة هي (6%).
- ص- يجب أن لا تتجاوز قيمة الاحتكاك الجانبي القيمة العظمى والمسموح بها ($f = 16\%$).
- ض- لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية، نلجأ إلى تطبيق التعلية المناسبة وتوسيع الطريق على المنحني.
- ط- يعتمد إختيار أو تحديد القيمة القصوى للتعلية على:
- مدى الحرص على تأمين سلامة العربات التي يمكن أن تسير بسرعة بطيئة على المنحني.
 - السرعة التصميمية.
 - نصف قطر المنحني.
- ظ- تجنب إستخدام المنحنيات العكسية ما أمكن تفاديا للأمور التالية:
- الانتقال الفجائي من نصف قطر معين إلى آخر بشكل عكسي، مما يؤدي إلى نتائج قاسية خصوصا إذا لم ينتبه السائق إلى وجود منحني عكسي.
 - الاضطرار إلى تخفيض السرعة بشكل كبير.
 - صعوبة معالجة آثار القوة الطاردة المركزية حيث يتطلب الأمر الإنتقال من المنحني الأول إلى الثاني مع وجود ميلين عرضيين مختلفي الاتجاه.
- ع- يجب إعطاء أهمية خاصة لموقع منشآت التصريف ومواقع اجتياز الأودية السحيقة والمناطق العالية تجنباً لزيادة نفقات التنفيذ والصيانة على حد سواء.

8-7 التقاطعات على الطرق:-

التقاطع هو عبارة عن المنطقة التي يلتقي فيها أو يتقاطع فيها طريقان أو أكثر على نفس الارتفاع أو على ارتفاعات مختلفة, وتشمل هذه المنطقة المساحة المخصصة للسيارات وحركتها بالإضافة إلى المساحة المخصصة للمشاة والجزر.

وبشكل التقاطع جزءا هاما من الطريق لأن السلامة، والسرعة، والفعالية، وتكاليف التشغيل، وسعة الطريق، كلها تعتمد بشكل رئيسي على التقاطع، إذ ليس من المعقول تصميم طريق سريعة وعريضة مع وجود تقاطعات ضيقة وقليلة السعة.

1-8-7 أنواع التقاطعات:-

تقسم التقاطعات إلى ثلاث أنواع رئيسية وهي:

- 1- تقاطع مفصول مع رمبات.
- 2- تقاطع في مستوى واحد ويشمل:
 - تقاطع بسيط
 - تقاطع جرسى
 - تقاطع ذو قنوات
 - الدوار
- 3- تقاطع مفصول (معزول) بدون رمبات.

ونظرا لأن الطريق التي نقوم بتصميمها لا يحتاج إلى تقاطع معزول، فسنتكفي بشرح التقاطع في مستوى واحد.

7-8-1-1 التقاطع العادي البسيط (simple intersection):-

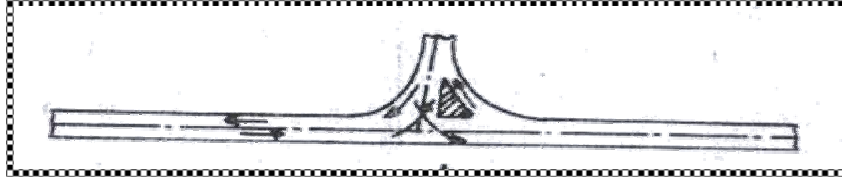
إن هذا النوع من التقاطع يستعمل في المناطق غير المزدحمة بالسير، لذلك لا يتم في هذا التقاطع فصل السير المتجه إلى اليمين عن السير المتجه إلى اليسار أو عن السير المتجه إلى الأمام. وهذا النوع من التقاطع يكون بسيط ورخيص التكاليف وغير معقد، حيث توضع بعض الخطوط التي تحدد الطريق، وإشارة (قف) لتوضيح أولوية السير على التقاطع الرئيسي. ويتم تطوير هذا النوع من التقاطعات حسب كثافة السير وأهمية التقاطع.

7-8-1-2 التقاطع الجرسى (Flared):-

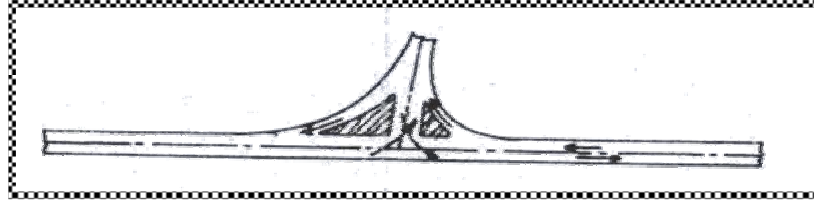
يتم في هذا التقاطع توسيع الطريق الفرعية عند تقاطعها مع الطريق الرئيسي وبشبه هذا التوسع شكل الجرس، إن هذا التوسيع ضروري لتنظيم حركة السير وفصل السير المتجه إلى اليمين عن المتجه إلى اليسار أو عن المتجه إلى الأمام وبهذا تقل الحوادث على التقاطع وتزداد سعته ويستوعب عددا أكبر من السيارات.

7-8-1-3 التقاطع ذو القنوات (Canalized):-

يستخدم هذا النوع من التقاطع عندما تزداد حركة السير وتتعدد عند التقاطع وتصبح نقط التقاطع واسعة لإستيعاب هذا السير وتقل قدرة السائقين على التصرف الصحيح، حيث يتم توسيع التقاطع وتقسيمه إلى مسارب وقنوات بواسطة جزر تبني، أو بواسطة خطوط ترسم أو حواجز تقام، هذا وقد تم إستخدام هذا النوع من التقاطع، والأشكال من (7-15) إلى (7-16) تبين أشكالا متعددة لتقاطع ذو قنوات، والأسهم تشير إلى طبيعة الحركة، وهذه الأشكال مرتبة حسب الزيادة في حركة السير على التقاطع.



الشكل (7-15) إنعطاف دورة واحدة {5}



الشكل (7-16) إنعطاف مزدوج {5}

2-8-7 فوائد القنوتات في التقاطع:-

- 1- لفصل السير ذو الإتجاهات والسرعات المختلفة وينظم حركة السير ويحقق إستعمالا مناسباً للتقاطع.
- 2- يقلل من حيرة السائقين.
- 3- يؤكد تفضيل حركة على أخرى، أي يعطي أولوية لإتجاه معين.
- 4- يحدد لكل سائق، إتجاهه ومسريه.
- 5- يساعد السائق على تغيير إتجاهه بسهولة وأمان.
- 6- توفير المساحة في المساحة المرصوفة من حيث تكاليف الإنشاء والصيانة لأن الجزر تحتل مساحة تكلف أقل.
- 7- يقوم بحماية المشاة حيث يقوم هؤلاء بقطع الطريق على مراحل وذلك بالإستعانة بالجزر.
- 8- تزداد سعة إستيعاب الطريق وتقلل من التأخير.
- 9- يمنع الحوادث حيث نضمن حماية للسائق أثناء قطع الطريق لأنه يستطيع القيام بذلك على مراحل.
- 10- يحمي السيارات التي ستدور لليمين أو اليسار أثناء إنتظارها.
- 11- يمنع السائقين من القيام بحركات ممنوعة كالإتجاه إلى اليسار بعكس السير.

12- تشكل القنويات خطوة أولية لوضع وسائل تنظيم التقاطع بإشارة ضوء حيث إن القنويات ضرورية عند وضع الإشارات الضوئية.

7-3 عوامل وعناصر وخطوات تصميم التقاطعات:-

- أولاً: حجم السير وحركة المشاة على التقاطع.
- ثانياً: مقدرة السائقين و تصرفاتهم على التقاطع.
- ثالثاً: خواص المركبات واختيار المسار المناسب لها.
- رابعاً: ميلان سطح الطريق والإحتكاك على منعطفات التقاطع.
- خامساً: الفرق الجبري بين الميلين.
- سابعاً: السرعة على التقاطع.
- ثامناً: عرض المسرب المخصص للدوران.
- تاسعاً: مسافة الرؤية اللازمة للتوقف.
- عاشراً: مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع.
- الحادي عشر: الجزر والقنويات على التقاطعات.
- الثاني عشر: مكونات الجزر.
- الثالث عشر: أشكال الجزر.

7-9 التخطيط الرأسى للطرق (Vertical Alignment):-

يتكون التخطيط الرأسى للطرق من سلسلة من الميول متصلة مع بعضها البعض بمنحنيات رأسية ويتحكم في التخطيط الرأسى عوامل الأمان والتضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار ويجب أن تتوفر مسافة رؤية للتوقف تكون مساوية للحد الأدنى أو أكبر منها ويستخدم القطع المكافئ في المنحنيات الرأسية لسهولة حساباته وبساطة توقيعه في الطبيعة وإستيفائه للمطالب السالفة.

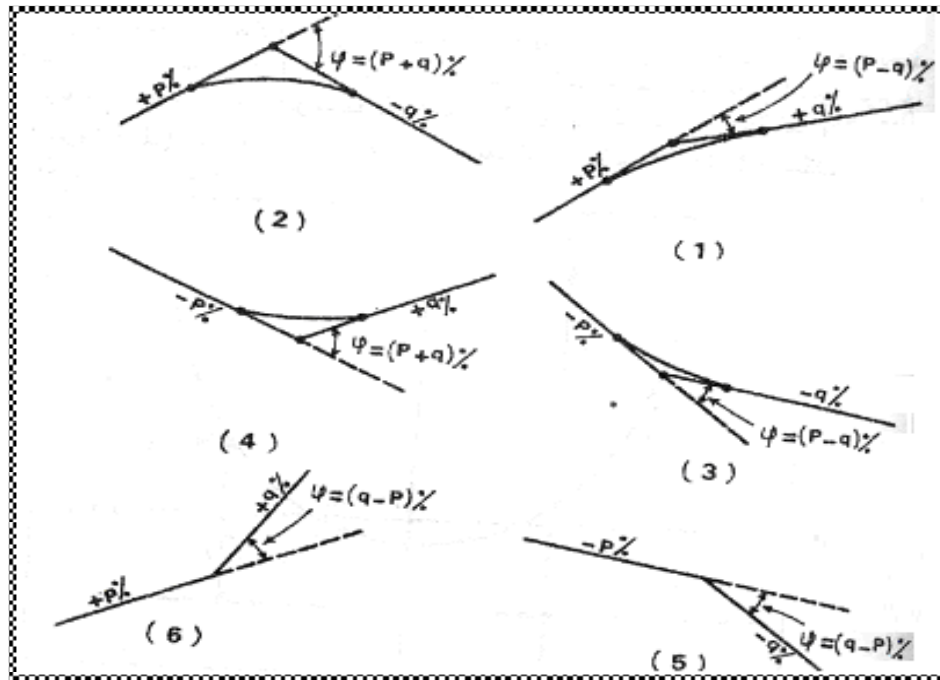
7-10 المنحنيات الرأسية (Vertical Curves):

يجب أن تكون المنحنيات الرأسية سهلة الاستخدام وتؤدي تصميمًا مأموناً ومريحاً في التشغيل ومقبولاً في الشكل كافياً في تصريف المياه. وأهم المطالب في المنحنيات الرأسية المحدبة هو أن تعطينا مسافات رؤية كافية للسرعة التصميمية (SD) 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 وإستيفائه للمطالب السالفة.

7-10-1 إشارة الميل وزاوية التدرج (Grade Angle):

وزاوية التدرج هي عبارة عن الفرق الجبري بين الميلين، وهو في ست حالات كما هو موضح في

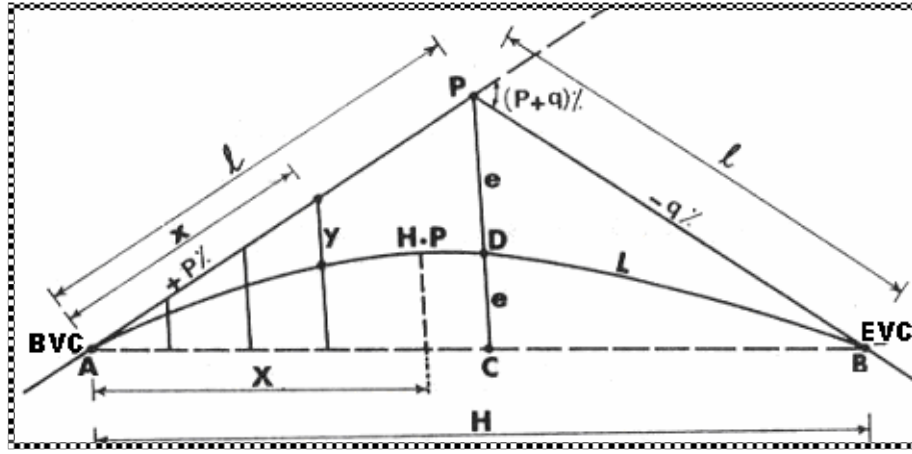
الشكل التالي:



الشكل (7-17) فرق الميل أو زاوية الميل {6}

11-7 عناصر المنحنى الرأسي:-

لتعين مختلف العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع منحنى رأسي معين، وتحديد مناسيب عدد كاف من النقاط الواقعة على المنحنى الرأسي المعتبر، لا بد من توافر المعلومات التالية كما هي مبينة في الشكل التالي :



الشكل (7-18) عناصر المنحنى الرأسي {6}

حيث :

نسبة الميل $p \& q$

بداية المنحنى الرأسي BVC

منسوب نقطة تقاطع الميلين الرأسيين (Elevation of the PI)

محطة نقطة التقاطع (Stationing of PI)

نهاية المنحنى الرأسي EVC

المسافة الخارجية المتوسطة (متر) e

طول القطع المكافئ (متر) H

الطول الأفقي إلى النقطة الأفقية على المنحنى الرأسي X

12-7 خواص القطع المكافئ البسيط:-

1- طول المنحنى الراسي L يساوي مجموع طولي المماسين الخاصين بهذا المنحنى بهذا المنحنى، بحيث أن طول المماس الخلفي يساوي I_1 وطول المماس الأمامي يساوي I_2 ، فأن:

$$L = I_2 + I_1 \dots\dots\dots (7-25)$$

2- الخط الراسي المار من نقطة تقاطع المماسين ينصف الوتر AB ويكون PD ، بحيث أن $PD = e = DC$ ، حيث C نقطة منتصف الوتر و D نقطة تقاطع الخط الراسي مع المنحنى وهذه النقطة تكون أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى في حالة المنحنيات المتناظرة.

3- وتر المنحنى AB يساوي مسقطه الأفقي H ، ويساوي أيضا مجموع المماسين أي أن:

$$AB = H = 2I = L \dots\dots\dots (7-26)$$

4- أطوال الأعمدة المأخوذة على المماس تتناسب مع مربعات المسافات المأخوذة على المماس المقاسة من A (بالنسبة للمماس الخلفي) أو من B (بالنسبة للمماس الأمامي)، كما في المعادلة التالية:

$$y = ax^2 \dots\dots\dots (7-27)$$

where:

$$a = \frac{p + q}{400 \ l} x^2 \rightarrow \text{عندما يكون المماسان في إتجاهين مختلفين}$$

$$a = \frac{p - q}{400} l x^2$$

→

عندما يكون المماسان في إتجاه واحد

◆ معادلة القطع المكافئ بدلالة (e):-

$$e = \frac{p + q}{400} l$$

→ عندما يكون المماسين في إتجاهين مختلفين

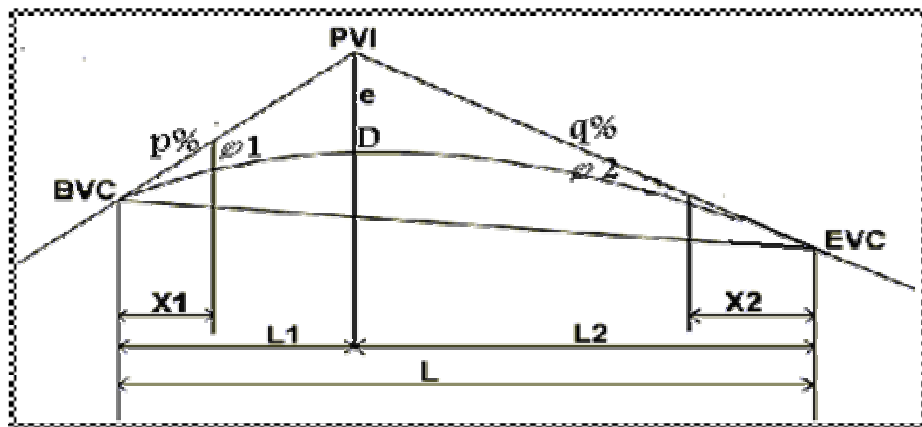
$$e = \frac{p - q}{400} l$$

→ عندما يكون المماسان في إتجاه واحد

$$\Rightarrow y = e \left(\frac{x}{l} \right)^2$$

13-7 المنحنيات الرأسية غير المتماثلة:-

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



الشكل (7-19) منحنى رأسي غير متماثل {6}

$$e = L1 * L2 / 2(L1 + L2) * A / 100 \dots\dots\dots (7-28)$$

$$j^1 = e (x1 / L1)^2 - j^2 = e(x2 / L2) \dots\dots\dots (7-29)$$

$$N = | p - q | \dots\dots\dots (7-30)$$

حيث أن:

◆ الفرق الجبري بين الميلين N

◆ المسافة الأفقية من بداية المنحنى إلى النقطة C على المنحنى $L1$

◆ المسافة الأفقية من نهاية المنحنى إلى النقطة C على المنحنى $L2$

7-14 الميول الرأسية العظمى في الطرق:-

7-14-1 العوامل التي تتحكم بتحديد الميول الرأسية:-

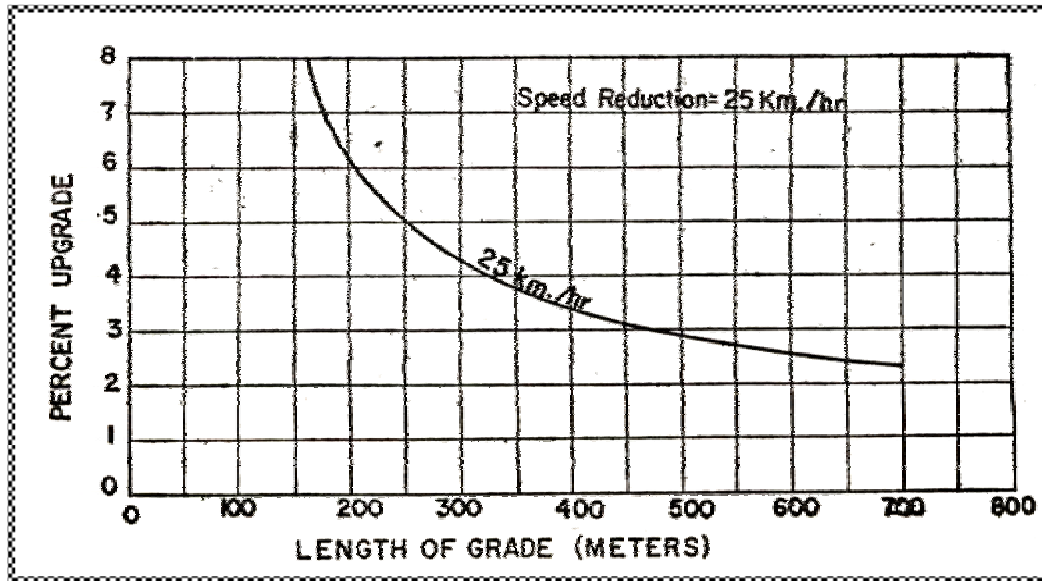
- (1) السرعة المعتبرة في التصميم (Design Speed).
- (2) طبوغرافية الأرض التي يمر منها الطريق (Type Of Topography).
- (3) طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

يبين الجدول التالي قيما عملية للميول الرأسية بأخذ السرعة التصميمية وطبوغرافية المنطقة بعين الاعتبار مع مراعاة عدم تجاوزها.

الجدول (4-7){5} الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة التصميمية

السرعة التصميمية DESIGN SPEED KPH	منبسطة FLAT %	تلال HILLY %	جبلية MOUNTAINOUS %
50	6	8	9
65	5	7	8
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	6
110	3	4	5
120	3	4	-
130	3	4	-

وبالنسبة لطول الجزء الخاضع للميل الرأسي فإنه لا بد من ربط هذا العامل أيضا بمقدار الميل الرأسي، وهنا يفضل كلما أمكن أن لا يتجاوز هذا الطول الحد الذي تضطر معه شاحنة نموذجية مختارة تخفيض سرعتها بمقدار يزيد عن أو يساوي 25 Kph تقريبا من سرعتها الإعتيادية على جزء منبسط قبل صعودها هذا الجزء المائل المعتبر من الطريق، من الطبيعي إن هذا يعتمد على نوع الشاحنات التي تسلك الطريق. ويبين الشكل رقم (7-20) القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق الخاضعة للميول الرأسية حسب الميول الرأسية:



الشكل (20-7) القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل {4}

الجدول (5-7) يبين القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميل الرأسية حسب الميول الرأسية {5}

مقدار الميل الرأسي (%)	3	4	5	6	7	8
القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل (m)	500	325	250	200	180	170

و في الحالات التي يضطر معها إلى تجاوز القيم العظمى للأطوال الواردة في الجدول السابق، لا بد من توسيع وتعريض هذه الأجزاء من الطريق لضمان حركة السير بشكل اعتيادي إضافة إلى إعطاء حرية أكبر من الحركة للشاحنات الكبيرة وتوفير إمكانية عزل الشاحنات أو تلك التي تتوقف لعدم القدرة على متابعة السير لسبب أو لآخر.

15-7 العوامل المشاركة في إختيار طول المنحنى الرأسي:-

من العوامل الأساسية التي تحكم إختيار وتحديد طول المنحنى الرأسي مايلي:

1- مسافة الرؤية (Sight or Vision Distance):-

يتم تحديد طول المنحنى الراسي لتحقيق شروط الرؤية للتوقف الآمن بإحدى الحالتين التاليتين:

1- بإفتراض أن طول مسافة الرؤية للتوقف الآمن أقل من طول المنحنى الراسي:

$$L = (D.S^2 * N) / 4 \dots\dots\dots (7-31)$$

Where :

$D.S$ = مسافة الرؤية للتوقف الآمن

$$D.S = 0.28 * V * T + V^2 / [254 * (F + N)]$$

V = السرعة كم/ ساعة

T = زمن الإرتداد العصبي الكلي بالثانية

F = معامل الإحتكاك الجانبي

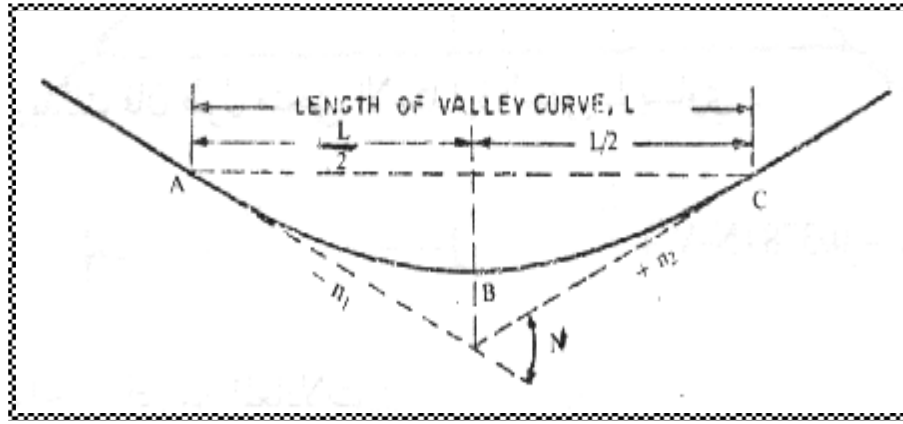
N = زاوية إنحراف المماسين

2- بإفتراض أن مسافة الرؤية للتوقف الآمن أكبر من طول المنحنى الرأسي:

$$L = 2 * D.S - (4 / N) \dots\dots\dots (7-32)$$

2- راحة المسافرين (comfort of passenger) :-

حيث يتم تصميم المنحنيات الرأسية (القاع) على أساس توفير راحة المسافرين، حيث يحدد الطول على أساس القوة الطاردة المركزية وتساوي 0.6 م/ث²، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين إنتقاليين متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (21-7) فإن طول منحنى الإستدارة السفلي ABC والذي يساوي L حيث AB , BC يمثل طول كل منهما منحنى إنتقال.



الشكل (21-7) منحنى رأسي قاعي {5}

$$L_s = L/2$$

$$\Rightarrow L = 2 * [N V^3 / C]^{0.5} \dots\dots\dots (7-33)$$

Where:

V: السرعة التصميمية م / ث

C : معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي 0.6 م / ث²

N : زاوية إنحراف المماسين

وبعد إيجاد طول المنحنى حسب المعادلة السابقة يتم التحقق من أن طول المنحنى أقل من (maximum impact factor) المسموح بها وهي 17% حسب المعادلة التالية:-

$$I_{max} = [(200 * N * V^2) / (g * L)] \% < \%17 \dots\dots\dots (7-34)$$

فإذا كان الناتج أقل من (maximum impact factor) المسموح فيها وهي 17%، فإن الطول يكون ملائماً ويحقق راحة المسافرين.

16-7 ملاحظات عامة في التصميم الراسي:-

1- في حالة طريق بعدة مسارب (أربعة مسارب على سبيل المثال فأكثر) وبإتجاه واحد، تعتبر مسافة الرؤية للتوقف الآمن هي المعيار المحدد لطول المنحنى الراسي، والسبب في ذلك يعود إلى عدم إحتمال مواجهة سيارة أخرى بإتجاه معاكس لإتجاه التجاوز، أما في حالة طريق بمسربين مع إحتمال التجاوز عن عربة تسير بنفس الإتجاه عند مواقع المنحنيات الرأسية فتعتبر مسافة الرؤية للتجاوز الآمن هي المعيار المحدد لطول المنحنى الراسي.

2- ينتج عن إستخدام مسافة الرؤيا للتجاوز الآمن كمعيار في تحديد طول المنحنى الراسي، زيادة في طول المنحنى مما يتسبب غالبا في زيادة الأعمال الترابية.

3- في حالة الطريق بمسربين، يمكن إستخدام مسافة الرؤية للتوقف الآمن بدلا من مسافة الرؤيا للتجاوز الآمن في تحديد طول المنحنى الراسي، إذا تحقق شرطين وهما:

- أ- منع حدوث التجاوز عن سيارة أخرى تسير في نفس الإتجاه في مواقع المنحنيات الرأسية التلالية، والإشارة لذلك بوضع إشارات وتنبيهات في مواقع مناسبة على محور الطريق أو أطرافها.
- ب- تعريض الطريق عند المنحنيات الرأسية التلالية بحيث يسمح بمسربين في كل إتجاه ولمسافة مناسبة.

7--17 إعتبارات عامة في التخطيط الرأسي:-

إلى جانب العوامل الخاصة في التخطيط الرأسي هناك عدة إعتبارات عامة يجب مراعاتها في

التصميم وهي:

§ 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 أفضل من مناسيب تكثر فيها الإنكسارات والأطوال الإنحدارية القصيرة وحقيقة أن هناك قيماً تصميمية خاصة بالإنحدارات القصوى والطول الحرج لكل إنحدار، إلا أن طريقة تطبيق ذلك وتهيئته مع طبيعة الأرض في مناسيب مستمرة هي التي تحدد صلاحية العمل المنتهي وشكله الأخير.

§ يجب إجتنب التخطيط الرأسي المتموج أو ذي الإنخفاضات المحجوبة وبصادفنا هذا المنظر الطولي عادة في التخطيطات الأفقية القريبة من الإستقامة عندما تعمل المناسيب الطولية لسطح الطريق متفقة في الشكل إلى حد بعيد مع الأرض الطبيعية المتموجة. وليس ذلك سيئ المنظر فحسب، بل إنه خطر أيضاً فالإنخفاضات 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 فإن مثل هذا التموج الطولي يوجد عدم الإطمئنان عند السائق لأنه لا يمكنه الجزم بوجود أو عدم وجود مركبة مقبلة يحتمل إختباؤها خلف الجزء المرتفع. وهذا النوع من التخطيطات الطولية يمكن تجنبه بعمل إنحناء أفقي أو تغيير الإنحدارات تدريجياً بمعدلات خفيفة وذلك ممكن بزيادة أعمال الحفر والردم.

§ يجب إجتنب التخطيط الطولي المنكسر الإنحناء (إنحنائيين رأسيين في نفس الإتجاه يفصلهما مماس قصير) وخاصة في المنحنيات المقعرة التي يكون فيها المنظر الكامل الإنحنائيين معاً غير مقبول.

§ من المفضل في الإنحدارات الطويلة أن تكون الإنحدارات الشديدة في الأسفل ثم يقل الإنحدار قريباً من القمة أو يتجزأ الإنحدار المستمر بإدخال مسافات قصيرة تكون الميول أقل فيه بدلاً من أن يعمل إنحدار كامل منتظم، وقد لا يكون أخف من الحد الأقصى المسموح به إلا بقليل، ويعتبر ذلك ملائماً بصفة خاصة لحالة الطرق ذات السرعة التصميمية المنخفضة.

الفصل الثامن

تصريف المياه على الطريق

1-8 مقدمة:-

تعتبر عملية تصريف المياه من الطريق هي عملية التخلص من المياه و التحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق، سواء كانت المياه مياه جوفية أو سطحية، لذلك يجب عمل مصارف سطحية أو مغطاة عند التصميم والإنشاء.

فعندما تسقط الأمطار جزء من هذه المياه تسيل على الطريق والجزء الآخر يتخلل طبقات التربة حتى يصل إلى المياه الجوفية، وعملية صرف أو إزالة المياه السطحية بعيدا عن حرم الطريق يسمى بالصرف السطحي Surface Drainage، وعملية توجيه و إزالة المياه المتشعبة بالتربة تسمى " الصرف المغطى" Sub-Surface Drainage.

2-8 أهمية صرف المياه:-

إذا كان سطح الطريق الإسفلتي مساميا أو متشققا، فإن الماء يتسرب من هذه الشقوق إلى السطح الترابي و يتسبب في إضعاف الأساس الترابي فيهبط هذا الأساس تحت ثقل السيارات، فمن المعروف أن التربة تكون قوية جدا وهي جافة، وضعيفة جدا وهي رطبة، لذلك فإننا نخلط التربة بالماء أثناء إنشاء الطريق، لتسهيل عملية رك هذه التربة، حيث تقوم المياه بتشحيم حبات التراب و تسهيل حركتها أثناء الرك، وبعد انتهاء عملية الرك ننتظر حتى يتبخر الماء الموجود مع التربة.

إن تكرار تسرب الماء إلى التربة وتبخره، وما يسببه ذلك التسرب من تكرار في ترطيب التربة ثم جفافها وهذا يتسبب في ضعفها وبالتالي يهدد طبقات الرصفة والإسفلت، وإذا كانت التربة من النوع الذي يتمدد هذا يعني تمدد حجم التربة وإنكماشها هذا يسبب دفعا للطبقات الإسفلتية عند التمدد وهبوط هذه الطبقات عند الإنكماش ونتيجة لهذه التحركات تتشقق الطبقات الإسفلتية وتتلف.

وأخيرا فإن المياه التي تتساقط من الجبال المجاورة تصل الطريق على شكل جداول تستطيع أن تخرب الطريق وتجرفها وتعمل على تأكلها وإنهيارها، وإن لم تتم حماية الطريق من هذه المياه. ومما سبق يتبين ضرورة تصريف المياه على الطريق.

إن أثر الماء على الطريق يعتمد أيضا على نوع التربة والأحمال المارة وطبيعتها، أما أهمية صرف المياه تعود للأسباب التالية:

- زيادة نسبة الرطوبة يتسبب في تقليل قوة تحمل الرصف، وهذا يسبب زيادة عدم الاستقرار، وهذا ينعكس على قطاع الرصف ككل.
- زيادة نسبة الرطوبة تؤدي إلى تغيرات ملحوظة في حجم بعض أنواع التربة، وأيضا هذا يؤدي إلى إنهيار سريع في قطاع الرصف.
- تواجد المياه السطحية على أكتاف الطريق و أطراف الرصف يتسبب في مخاطر جسيمة قد تتمثل في إسراع الإنهيار الميول الجانبية للطريق، حيث تقل قوى القص بينما تزداد القوة المسببة لإنزلاق الميول.
- في مناطق الصقيع و في حالة وجود المياه الأرضية بالقرب من قطاع الرصف، يتعرض الطريق إلى حركة للأعلى خلال الشتاء، نتيجة لتجمد المياه وزيادة حجمها، وهذا يساعد في تشقق الرصف ويسرع إنهيارها.
- في حالة الجسور العالية يتسبب سريان المياه السطحية في تأكلها والتعجيل في إنهيارها نتيجة للنحر الشديد الذي قد تتعرض له.

3-8 متطلبات صرف المياه من الطريق:-

- 1- تصريف الماء عن سطح الطريق وذلك بعمل ميلان في سطح الطريق (Cross Slope) و تكون نسبة الميلان عادة 2% وتزداد كلما كان السطح خشنا، أما ميلان سطح الطريق عند المنعطفات (التعلية – Super Elevation)، فيكون باتجاه واحد.
- 2- قطع الطريق أمام المياه السطحية المتجهة من الأراضي المحيطة إلى حرم الطريق.
- 3- تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الإنحدار الكافي لتصريف المياه.
- 4- منع المياه المتساقطة على سطح الطريق من النفاذ إلى داخل جسم الطريق، وذلك بجعل سطح الطريق غير مسامي لا تنفذ من خلاله المياه مع إغلاق الشقوق التي تظهر في السطح بأسرع ما يمكن.
- 5- يجب أن يكون قطاع المصارف الجانبية المكشوفة ذات سعة وإنحدار طولي مناسبين لصرف المياه المتجمعة.
- 6- يجب أن لا تتسبب المياه السطحية المارة على سطح الطريق وعلى الميول الجانبية في تكوين حفر عرضية أو نحر بالتربة.
- 7- يجب أن لا يزيد منسوب المياه الأرضية عن حد معين بالنسبة لأخفض نقطة لقطاع الرصف و المسافة الرأسية بين المنسوبين يجب أن لا تقل عن 1.2 متر.
- 8- منع وصول المياه للطريق من التلال و المساحات القريبة من المنطقة، وذلك بعمل أقبية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.
- 9- بناء الأطراف و البالوعات اللازمة في جمع وتصريف المياه.

4-8 أنواع صرف المياه:-

1-4-8 الصرف السطحي:-

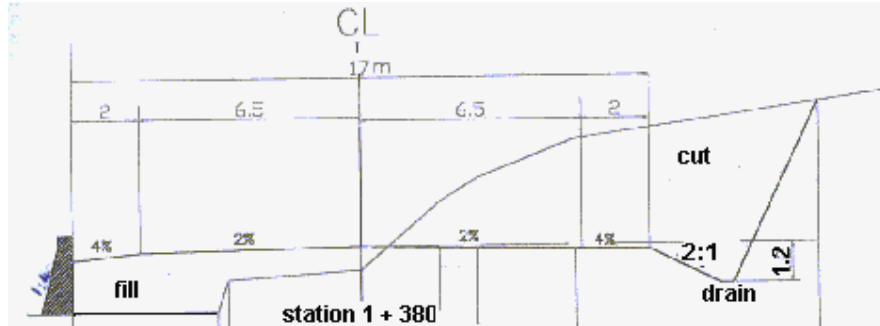
يتم تجميع المياه السطحية ثم التخلص منها بعد ذلك، ويتم التجميع أولا عن طريق مصارف طولية جانبية، ثم يتم التخلص منها بعد ذلك في أقرب مصرف عمومي أو مجرى مائي أو وادي..... إلخ، وقد يلزم

الأمر للتخلص من هذه المياه إقامة بعض المنشآت الهيدروليكية البسيطة مثل العبارات و التي سوف نحتاج الى إحداها في هذا المشروع.

1-1-4-8 تجميع المياه السطحية:-

المياه المتساقطة على سطح الرصف تسيل جانباً، بسبب وجود الميول العرضية لطبقة الرصف، ومقدار هذا الميل يتوقف على نوع الرصف وكمية الأمطار المتساقطة وهي تتراوح من 1.5% الى 3% لسطح الطريق، و 4% الى 6% للكتف.

وفي الطرق الخلوية تسيل المياه عرضياً من على الرصف إلى الأكتاف قبل وصولها إلى المصارف الطولية. ولذلك يجب أن تميل هذه الأكتاف عرضياً بميل مناسب لسرعة التخلص من المياه، ومنع تجمعها على الأكتاف، وتعمل المصارف الطولية مكشوفة وعلى شكل شبه منحرف. وفي حالة الطرق في المناطق الحضرية (داخل المدن) فإنه نتيجة لوجود أرصفة للمشاة ووجود جزر فاصلة ووجود تقاطعات كثيرة وعروض محدودة للشوارع فإنه يتعذر عمل مصارف مكشوفة والبديل هو مصارف تحت الأرض لصرف المياه السطحية.



الشكل (1-8) مقطع عرضي لطريق يبين فيه عملية صرف المياه عن الطريق

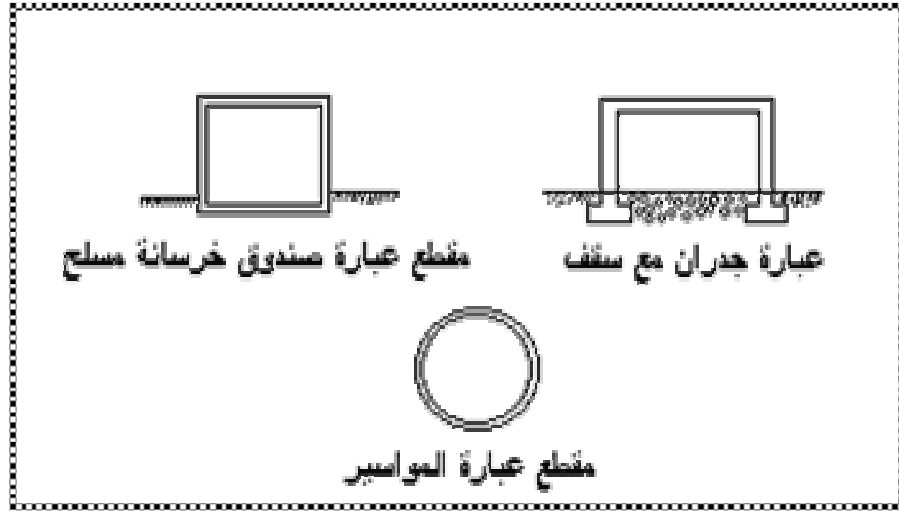
2-4-8 الصرف المغطى:-

يعزى التغير في كمية الرطوبة بالتربة على تنذبذ سطح المياه الأرضية وتسرب المياه الأرضية وتسرب مياه الأمطار وحركة المياه الأرضية بالخاصية الشعرية أو التبخر، وفي حالة إستخدام الصرف المغطى فإن التغير في نسبة الرطوبة بالتربة يبقى في حدود ضيقة جداً، ومع ذلك يتم صرف المياه الأرضية المتحركة تحت نطاق الجاذبية الأرضية فقط بإستخدام المصارف المغطاة.

5-8 العبارات:-

إن كميات المياه هي التي تقرر بوجه عام حجم ونوع العبارة اللازمة، ويمكن أن يكون لدينا في بعض المواقع حرية الاختيار بين عبارات المواسير الخرسانية والصناديق، وهنا يميل البعض إلى إختيار المواسير الخرسانية لما لها من فوائد ومميزات مثل:

- 1- من الممكن صب المواسير في مكان مناسب تتوفر فيه المواد والظروف الجيدة للعمل مثل التحكم في درجة الحرارة وتقلبات الطقس، ومن هذا المكان يتم نقل المواسير إلى موقع تركيبها، أما في حالة الصندوق فإنه لا بد من نقل المواد إلى الموقع (موقع تراكيبها) والعمل هناك، فقد يتعطل العمل نتيجة الأمطار أو ظروف أخرى، في حين لن يتعطل العمل في حالة عبارات المواسير الخرسانية.
- 2- إذا كان إرتفاع الردم في الطريق قليلاً فإنه يصعب بناء عبارة الصناديق ويصبح من الأنسب وضع عبارة المواسير الخرسانية.
- 3- قد تكون الفتحة المطلوبة صغيره جداً لا تحتاج لأكثر من عبارة المواسير.
- 4- من الممكن وضع عبارة المواسير بشكل مؤقت وتغيير مكانها ونقلها والإستفادة منها في مواقع أخرى.
- 5- إذا أردنا إنشاء عبارة على طريق مطروق ولا نريد تعطيل السير عليه فإن عبارة المواسير تحقق الغرض حيث يتم وضعها وإجراء الطمم فوقها وفتح الطريق للسير بسرعة أكبر مما لو أردنا وضع عبارة الصناديق.



الشكل (2-8) يبين مقاطع من أنواع العبارات

1-5-8 بناء العبارة:-

في العادة يتم بناء العبارة قبل المباشرة في إنشاء الطريق، بحيث يتم وضع العبارة في المكان الصحيح وفي نفس إتجاه مجرى الماء ولو أدى ذلك لجعلها غير متعامدة مع الطريق وبالتالي يؤدي إلى زيادة طولها وإرتفاع تكاليفها، كما يجب أن نؤمن لها الميل والطول المناسبين.

يعتمد طول العبارة على عرض جسم الطريق وميوله الجانبية، كما يعتمد على إنحدار العبارة والزاوية التي تصنعها مع محور الطريق، لهذا فإن العبارات على الطريق الواحد تختلف أطوالها تبعاً لهذه الظروف، فيجب أن يزيد طول العبارة عن طول سطح الطريق، وفي بعض الأحيان يكون طول العبارة ضعف طول سطح الطريق.

يجب أن تكون العبارة قوية تتحمل ثقل السيارات والردم الذي فوقها، وهنا يجب العلم أنه كلما إنخفض مستوى ظهر العبارة عن سطح الطريق، توزع ضغط السيارة على مساحة أوسع، وتمكنت العبارة من تحمل المزيد من الثقل عليها، لهذا السبب يجب أن يكون مستوى ظهر عبارة المواسير تحت مستوى

سطح الطريق بما لا يقل عن (0.70-0.75m)، بعكس عبارة الصناديق التي تستطيع أن تتحمل أثقال السيارات مباشرة خاصة إذا لم يتواجد فوقها الطمم الترابي.

يمكننا تحديد طول العبارة وبدايتها ونهايتها من المقاطع العرضية، حيث لا بد من وجود مقطع عرضي عند كل عبارة، حيث أيضا يمكن تحديد إنحدار العبارة من مقطعها العرضي.

وبالنسبة للطريق الذي نعمل على تصميمه، رأينا من المناسب أن يتم وضع عبارة عند المحطة (1 + 469.46)، وقد تم هذا الاختيار بناء على الميول الرأسية للطريق، حتى يكون تصريف المياه السطحية بصورة سليمة وفعالة، ومن المتوقع أن كمية المياه المتدفقة إليها ستكون كبيرة نوعا ما، حيث يتم تصريف هذه المياه من خلال العبارة إلى الوادي المجاور للطريق، بحيث يمكن الاستفادة من هذه المياه من الناحية الزراعية وري المزروعات والأرض هناك. لذلك سنحتاج إلى عبارة صندوق في هذه المنطقة.

2-5-8 تهيئة أرض العبارة:-

يجب عمل إنحدار مناسب في الأرضية بحيث لا يقل عن (1%)، وذلك لضمان تصريف الماء وعدم ترسب المواد بداخلها، ويمكن زيادة هذا الميل إلى (2%-3%)، إذا كانت الأرض بطبيعتها منحدرية، أما إذا زادت حدة الإنحدار لدرجة زيادة سرعة التدفق، فإنه لا بد من تخفيض هذا الإنحدار وذلك بحفر الجزء العلوي من الأرض وردم الجزء السفلي، بحيث يرتفع مخرج العبارة، ويجب عمل أرضية من مدة خرسانية مسلحة أو عادية على شكل درج حتى نضمن إنسياب الماء بشكل تدريجي، وحتى لا تحدث إنجرافات إذا سقط الماء من سطح عال.

3-5-8 أجنحة العبارة:-

يجب بناء أجنحة وأرضية عند مدخل ومخرج العبارة من خرسانة مسلحة أو عادية أو من حجر، حيث يرتبط الجناح مع جدران العبارة في حالة وجودها، أما في حالة عبارة المواسير فيتم عمل رأسية حول فتحة العبارة حيث يرتبط الجناح بهذه الرأسية.

إن الأجنحة تحافظ على الطريق من التآكل بفعل الماء, حيث تقوم الأجنحة بتوجيه الماء إلى العبارة بدلا من توجيهها نحو جوانبها مما يؤدي إلى تخريبها, وعند المخرج تعمل الأجنحة كممر إنتقالي من العبارة إلى مجرى الماء, حيث يقوم الجناح والأرضية بحماية الطريق من الماء حتى لا تتسرب إلى جسم الطريق أو تقوم بجرف الأرضية والتسبب في إنهيار الطريق. كما أن الأجنحة توقف إنهيار جسم الطريق وتساعد على التقليل من طول العبارة مع بقاء عرض سطح الطريق ثابتا.

6-8 الطمم فوق العبارة:-

بعد الإنتهاء من بناء العبارة والأجنحة يتم الطم على جوانب العبارة وفوقها طبقات ترابية حصوية خالية من الدبش والحصى الكبيرة مع الرش بالماء والرك اليدوي بالمطبات، حيث يتم تغليف العبارة بغلاف يصل في سماكته إلى (50)سم وذلك لحماية العبارة من الحجارة والآلات أثناء عملية إنشاء الطريق.

7-8 الأفنية الجانبية:-

عندما تكون الطريق في منطقة قطع (أي تم قطعها أثناء إنشاء الطريق) فإن المياه التي تتجمع من المرتفعات ستسيل على الطريق، وحتى لا تسبب هذه المياه في تخريب الطريق فإنه يتم عمل قناة موازية للطريق لتجري المياه فيها قبل وصولها إلى الطريق ومن ثم تصريفها إلى منطقة العبارة.

8-8 حماية الطريق:-

بعد بناء العبارة وبناء أجنحتها ومدخلها ومخرجها فإنه لا بد من حماية جسم الطريق من المياه خاصة في المناطق التي تتجمع فيها المياه والتي لا يمكن حل مشكلته بالعبارة. قد يصادف مرور الطريق في منطقة منبسطة تتجمع فيها المياه وهنا لابد من حماية جسم الطريق من هذه المياه ومن عوامل الإنجراف الأخرى، هناك عدة إجراءات يتم إتخاذها لحماية الطريق منها:

- 1- حماية الخنادق الجانبية من الانجراف برصفها بالحجارة أو صبها بالخرسانة أو زرعها بالحشائش أو تزفيتها.
- 2- بناء رصفة من حجارة أو صبة خرسانة أو تزفيت جوانب الطريق وميولها الجانبية.
- 3- بناء درج من خرسانة أو رصفة عند مخرج العبارة.
- 4- بناء جدران إستنادية من خرسانة أو دبش في أقفاص (Gabion) لصد إندفاع المياه.
- 5- بناء وعمل أقنية بعيدة عن الطريق لتحويل المياه أو منعها من الدخول إلى الطريق.

الفصل التاسع

حساب المساحات الحجم لكميات الحفر والردم

1-9 المساحات:-

كما نعلم إن تكامل بين المساحات و الحجم، لهذا فان المساحة هي المقدمة لإيجاد الحجم وكميات الحفر والردم تبدأ بحساب المساحات.

يتم قياس مساحة أي شكل هندسي ما أما من خلال رسوم بيانية (مخططات) والتي تكون بمقياس معين ومناسب أو بطريقة مباشرة من خلال القياسات التي تم أخذها من الحقل وهذه الطريقة أدق ولكنها أكثر صعوبة من البيانية وهي الطريقة التي تم استخدامها في مشروعنا.

يتم في العادة قياس مناسيب نقاط مختلفة مأخوذة على خطوط متعامدة مع اتجاه محور المشروع المقترح وهي ما تعرف بالمقاطع العرضية (Cross-Section). والمقطع العرضي عبارة عن ذلك الجزء المحصور بين سطح الطريق المخصص لسير السيارات وخطي الميلين الجانبيين وبين خط سطح الأرض الطبيعية. وتحسب مساحات هذه المقاطع بمعرفة مناسيب وعناصر التصميم المختلفة، وإذا عرفت المساحات للمقاطع العرضية بالتالي يمكن حساب كميات الحفر والردم بين كل مقطعين متتاليين وبالتالي حساب كميات الحفر والردم لكل المشروع.

والطرق المستخدمة لحساب المساحات للمقاطع العرضية كثيرة ومنها:

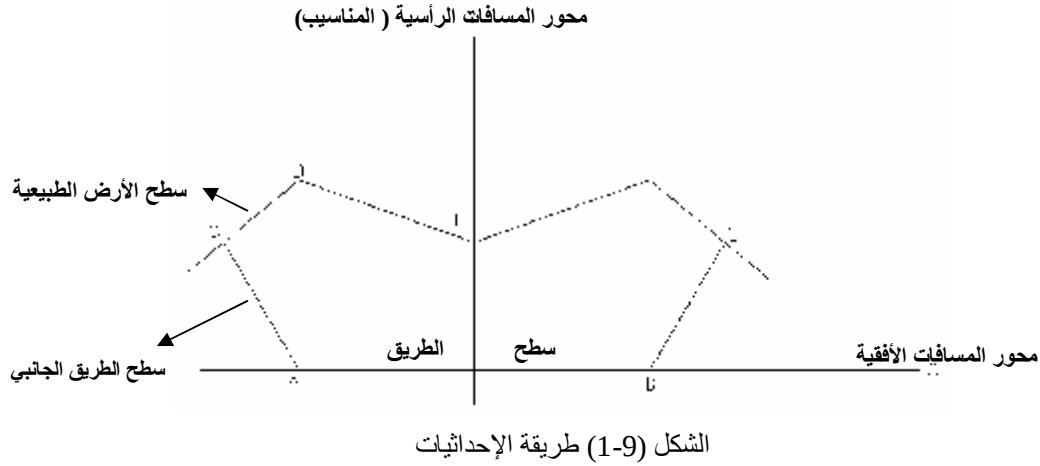
- الطريقة الميكانيكية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الحسابية (التحليلية).

وسنكتفي بشرح الطريقة الحسابية وهي الطريقة التي تم استخدامها في هذا المشروع.

وهذه الطريقة آخذة في الاتساع والانتشار وذلك بسبب انتشار وشيوع الحاسبات الالكترونية وهي تعتبر دقيقة جدا لكنها تأخذ وقتا وجهدا أكثر من الطريقتين الأخرتين، والطريقة التحليلية طريقة واسعة .

1-1-9 طريقة الإحداثيات:-

يوضح الشكل التالي على أن المقطع العرضي عبارة عن مضلع مغلق كما في الشكل (1-9) التالي:



يتم عادة اختيار نظام معين قد يكون هذا النظام فرضي أو قطري أو محلي وفي مشروعنا استخدمنا الإحداثيات القطرية.

و نلاحظ من الشكل أن من المهم معرفة مناسيب النقاط التالية (C,D,E,F,& G) وكذلك بعدها عن المركز في المحور الأفقي للمسافات و بالتالي معرفة العرض الكامل للطريق.

ويتم تدوين جميع أعماق الحفر أو الردم لنقاط زوايا هذا المضلع في دفتر الحقل مما يسهل في تعيين الإحداثيات لها، والجدول التالي يوضح نموذج لتدوين المعلومات في الحقل للشكل السابق حيث تم افتراض أرقام للتوضيح وهو ما يعرف بدفتر الحقل.

رقم المحطة	منسوب سطح الطريق	منسوب سطح الأرض	مقطع عرضي رقم:.....(1-9).....				
			يسار		المركز	يمين	
0.00	500	600	C2.20 4.30	C4.30 3.20	C1.90 0.00	C4.00 3.00	C2.00 3.90

و في ما يلي سوف يتم توضيح ما يعني كل عنصر من العناصر المبينة في الجدول السابق و م يعنيه وجود كسور, وهذه الكسور تتكون من التالي:

v البسط: ويتكون من حرف بالإضافة إلى رقم.

o الحرف: وهو يكون أما (C) أو (F) وهو هنا (C) ويرمز إلى حفر (Cut) أما (F) فترمز إلى الردم (Fill) .

o الرقم: وهو الاحداثي الصادي أو المنسوب ويرمز إلى عمق الحفر أو الردم في ذلك المقطع عند تلك النقطة بذلك البعد.

v المقام: ويمثل الاحداثي السيني وغالبا ما يكون مركز الطريق هو نقطة الأصل (0,0) مع الأخذ بعين الاعتبار انه اخذ أي نظام إحداثيات واعتبار نقطة الأصل لهذا النظام هي نقطة الأصل للمقطع .

وهذه المعلومات التي في الجدول تمثل معلومات الحقل المتعلقة بالنقاط (C,D,E,F,G), أما فيما يتعلق بالنقطتان (A,B) فيتم استنتاجها تلقائيا من عرض الطريق فلو كان عرض الطريق 10 أمتار فإن الاحداثي السيني لكلا النقطتين يكون 5 أما بالنسبة للحفر أو الردم فيكون صفر وذلك لأنهما تقعان مباشرة على سطح الطريق وهذا يمكن ترتيب الجدول التالي.

A	C	D	E	F	G	B
C00.00 5.00	C2.20 4.30	C4.3 3.20	C1.9 00.00	C4.00 3.00	C2.00 3.90	C00.00 5.00

وكما ذكرنا فأن البسط في الكسور يمثل الاحداثي الصادي (المنسوب) أما المقام فيمثل الاحداثي السيني (البعد الافقي) وبهذا يمكننا ترتيب المعلومات في الجدول التالي على شكل إحداثيات بدلالة (X,Y) مع إعادة كتابة نقطة البداية مرة أخرى في النهاية والتي يكون أما (A) أو (B) وذلك لإغلاق المضلع مع ملاحظة انه إذا تم اخذ نقطة مركز الطريق هي نقطة الأصل فانه يتم اعتبار النقاط التي تقع على يمينها موجبة والتي تقع إلى اليسار سالبة وكذلك الأمر بالنسبة للحفر أو الردم فالحفر سالب والردم موجب والجدول التالي يبين ذلك:

POINT NO	A	C	D	E	F	G	B	A
X	00.00	2.20	4.30	1.90	4.00	2.00	00.00	00.00
Y	-5.00	-4.30	-3.20	00.00	3.00	3.90	5.00	-5.00

الآن نضرب كل قيمتين تقعان على طرفي كل خط متصل ونجد مجموع المضاريب وليكن مساويا ل($\sum 1$) :

$$\sum 1 = [(0 \times 4.3) + (2.2 \times 3.2) + (4.3 \times 0) + (1.9 \times 3) + (4 \times 3.9) + (2 \times 5) + (0 \times 5)]$$

$$= 38.34$$

وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متقطع فنجد المجاميع وليكن رمزه ($\sum 2$)

$$\sum 2 = [(2.2 \times -5) + (4.3 \times -4.3) + (1.9 \times -3.2) + (4 \times 0) + (2 \times 3) + (0 \times 3.9) + (0 \times 5)]$$

$$= -29.57$$

Area=	$\frac{ \sum 1 - \sum 2 }{2}$
-------	-------------------------------

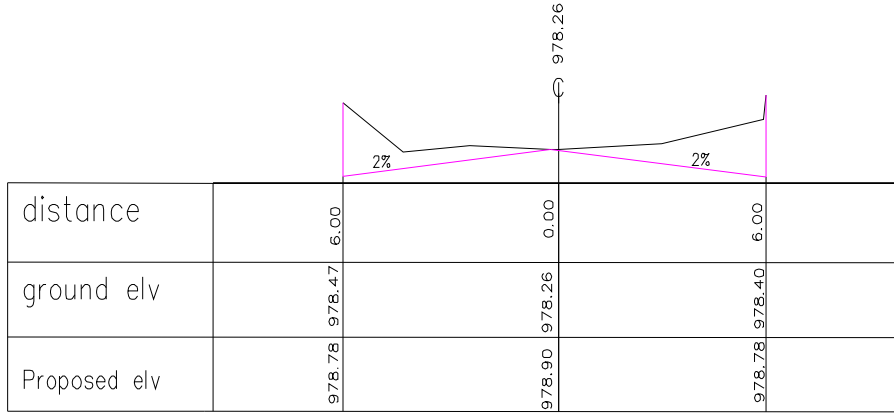
$$\text{Area} = 67.91 \text{ m}^2.$$

ü مع العلم أن الأرقام في الجدول مجرد مثال توضيحي.

ملاحظات :

- ✓ بالنسبة للمقاطع المختلطة فيجب حساب كل جزء على حدة .
- ✓ من الضروري الأخذ بعين الاعتبار الإشارة الجبرية في المسافات الأفقية.
- ✓ بالنسبة للمناسيب يتم اخذ المناسيب الخاصة بكل مقطع عرضي وبالتالي عمق الحفر أو ارتفاع الردم بطريقتين اما مباشرة من الحقل أو تستنتج حسابيا.
- ✓ كما ذكرنا سابقا ليس من الضروري أن تكون نقطة منتصف الطريق هي نقطة الأصل أو مركز الإحداثيات بل يمكن أن تكون محاور الإحداثيات المفروضة أو القطرية أو المحلية.

- مقطع ردم الكامل: لا يوجد
- مقطع حفر الكامل:



0+260

Area of Cut=3.09m²

Area of Fill=00.00 m

شكل (2-9) مقطع حفر كامل

2-9 حساب الحجم والكميات:-

هناك مجموعة من الطرق و الحالات المختلفة و القوانين المختلفة لحساب الحجم وذلك حسب الاختلاف في حالة كل مقطع وسنعرض بعض النماذج من المشروع تقي بكل الحالات الخمس لحسابات المقاطع

- ✓ المقطع الأول حفر والثاني حفر.
- ✓ المقطع الأول ردم والثاني ردم.
- ✓ المقطع الأول ردم والآخر حفر (أو العكس).
- ✓ المقطع الأول حفر والآخر مختلط (أو العكس).
- ✓ المقطع الأول ردم والآخر مختلط (أو العكس).
- ✓ المقطعان مختلطان.

المقطع الأول حفر والثاني حفر:

و القانون التالي يستخدم لكلتا الحالتين سواء كان المقطعان حفر كامل أو كانا ردم كامل في هذه الحالة تحسب الحجم على القانون التالي:

$$V = D \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right)$$

المقطع الأول ردم والآخر حفر (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الردم حسب القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2} \left[\frac{F^2}{F+C} \right] \times (D) \dots\dots\dots 1-9$$

أما الحفر فعلى القانون التالي:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2} \left[\frac{C^2}{F+C} \right] \times (D) \dots\dots\dots 2-9$$

(F) ترمز إلى مساحة مقطع الحفر.

(C) ترمز إلى مساحة مقطع الردم.

(D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

(V) ترمز إلى الحجم حفرا كان أو ردما.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محطاتهما على التوالي (Station 0+160) & (Station 0+180) والشكل موضح في الملحق رقم (7).

مساحة مقطع الحفر (F) = 13.25 m²

مساحة مقطع الردم (C) = 10.39 m²

المسافة بين المقطعين (D) = 20 m

حجم الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{2} \left[\frac{13.25^2}{13.25+10.39} \right] \times (20)$$

$$V_{fill} = 74.27 m^3$$

أما حجم الحفر:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2} \left[\frac{10.39^2}{13.25+10.39} \right] \times (20)$$

$$V_{cutl} = 45.67 m^3$$

المقطع الأول حفر والآخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:
الردم حسب القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D) \dots\dots\dots 3-9$$

أما الحفر فعلى القانون التالي:

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \dots\dots\dots 4-9$$

حيث:

- (F_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.
- (C_{i+1}) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي.
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

المقطع الأول ردم والآخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:
الحفر حسب القانون التالي:

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(C_i) \times (D) \dots\dots\dots 5-9$$

أما الردم فعلى القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \dots\dots\dots 6-9$$

حيث:

- (F_i) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.
- (F_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في مقطع الردم الكامل.
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

المقطعان مختلفان:

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الحفر حسب القانون التالي:

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \dots\dots\dots 7 - 9$$

أما الردم فعلى القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \dots\dots\dots 8 - 9$$

حيث:

- (F_i) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الأول.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول.
- (F_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.
- (C_{i+1}) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

$$11602.32 \text{ m}^3 = 1.2 * 9668.60 = \text{الحجم الكلي للحفر}$$

حيث معامل الانتفاخ = 1.2

$$6937.67 \text{ m}^3 = 1.1 * 6306.97 = \text{الحجم الكلي للردم}$$

حيث معامل الانضغاط = 1.1

ملاحظة : جدول الحفر والردم للطريق ملحق رقم (10) لوحة رقم (A3-15)

الفصل العاشر

الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

1-10 تجربة بروكتور (Proctor Test):-

1-1-10 مقدمة:-

يمكن من خلال معرفة الكثافة للتربة أن نتعرف على الكثير من الصفات لها. ومن أجل تحسين خصائص التربة يجب زيادة كثافتها وتثبيتها بعملية الرص بالآلات الرص المختلفة.

كما أن نسبة الماء الموجودة في التربة أثناء عملية الرص لها تأثير كبير على الكثافة المطلوبة لهذه التربة حيث أنه كلما كانت كمية الماء (نسبة الماء) في التربة كبيرة فإن كثافتها تزداد و أنه بعد الوصول إلى حد معين تبدأ الكثافة بالنقصان تدريجياً. و هذه النقطة سميت الكثافة العظمى (Maximum density). ونسبة الماء التي تعطي أعلى كثافة (الكثافة العظمى) سميت بنسبة الماء المثالية Optimum content moisture.

2-1-10 الهدف:-

الهدف هو إيجاد أعظم كثافة لهذه التربة كما أنه يهدف إلى إيجاد نسبة الماء المثالية للتربة و ذلك أثناء عملية الرص لهذه العينات.

3-1-10 تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test):-

إن مبدأ التجربة يقوم على أساس دمك التربة بداخل إسطوانة معدنية و هي ما يسمى بـ (قالب بروكتور) و يكون قطر الإسطوانة من الداخل 4" وارتفاعها 4.6" حيث نقوم بدمك التربة على ثلاث طبقات متتالية و متساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة, و يتم دمك كل طبقة بمطرقة خاصة و تابعة للقالب وزنها 2.5كغم (5باوند) تسقط من ارتفاع طوله قدم واحد (30.5سم) و كان عدد الضربات (25 ضربة). وتسمى مطرقة بروكتور ثم تحسب كثافة التربة ونسبة الماء بها.

4-1-10 الأدوات المستخدمة:-

- 1- قالب بروكتور القياسي مع الغطاء المتحرك.
- 2- مطرقة بروكتور القياسية (5 باوند)
- 3- وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء مع مسطرين وأداة غير حادة (spatula).
- 4- منخل رقم $\frac{3}{4}$ " و 4".
- 5- جففات صغيرة وفرن للتجفيف.
- 6- ميزان (سعة 40كغم، دقة 2غم)، ميزان حساس (سعة 1200غم، دقة 0.01غم).

5-1-10 خطوات العمل:-

- 1- توزن الجفنان فارغة و تسجل أرقامها.
- 2- يزن قالب بروكتور مع قاعدته فارغا ويسجل وزنه .
- 3- بعد تحضير العينة, تنخل على منخل رقم 4".
- 4- بناءً على نسبة الرطوبة التي تم حسابه توضع كمية من الماء على العينة بحيث تصبح رطبة وتخلط بالمسطرين ثم تأخذ كمية وتوضع في قالب بروكتور وتدمك بمطرقة بروكتور بوضعها على العينة

- وسحبها بكامل طولها ثم تترك لتسقط نتيجة لتقلها كما يجب أن تصل المطرقة إلى جميع أجزاء سطح العينة. تكرر بحيث نقوم بـ 25 ضربة على الثلاث طبقات.
- 5- يزال غطاء قالب بروكتور ويمسح ما يزيد عن وجهة القالب من العينة المرصوفة بإستعمال أداة غير حادة (Spatula) ويسوى سطح القالب.
- 6- توزن العينة مع القالب ويسجل الوزن. تزال العينة من القالب بالأزميل أو بإستعمال جهاز إخراج العينات. تأخذ عينة من وسط القالب ومن طرفيه في جفنه وتزن الحفنة مع العينة ثم توضع في الفرن لمدة 24 ساعة لتزن الحفنة مع العينة المجففة في اليوم التالي.
- 7- تعاد العينة إلى وعاء الخلط وتحرك جيداً وتزاد كمية الماء في العينة ثم يملأ القالب مرة ثانية وتعاد الخطوات السابقة.
- 8- تكرر العملية كل مرة تزيد فيها نسبة الماء حتى يبدأ وزن القالب مع العينة بالنقصان.

6-1-10 المعادلات الخاصة بالتجربة:-

$$\begin{aligned} \text{نسبة الرطوبة} &= \text{وزن الماء} \div \text{وزن العينة جافة.} \\ \text{وزن الماء} &= \text{وزن الجفنة مع العينة رطبة} - \text{وزن الجفنة مع العينة جافة.} \\ \text{وزن العينة جافة} &= \text{وزن الجفنة مع العينة جافة} - \text{وزن الجفنة.} \\ \text{الكثافة الرطبة} &= \text{وزن العينة رطبة} \div \text{حجم العينة (حجم قالب بروكتور).} \\ \text{الكثافة الجافة} &= \text{الكثافة الرطبة} \div (1 + \text{نسبة الرطوبة}). \end{aligned}$$

ترسم علاقة بيانية بين نسبة الماء والكثافة الجافة بناءً على النتائج . ومنه تؤخذ الكثافة العظمى (Maximum Density) ونسبة الماء المثالية (Optimum moisture content).

7-1-10 الحسابات والنتائج:-

تظهر قيمة الكثافة الرطبة والكثافة الجافة و كافة المعلومات الأخرى لطبقة الأساس. وتظهر قيمة نسبة الماء المثالية في الشكل (1-10).

مثال:

ارتفاع القالب = 116.28 ملم.

قطر القالب = 101.36 ملم.

حجم القالب = $(4 \div D^2 \pi) \times \text{الارتفاع}$ = 944 سم³.

حجم العينة = حجم القالب .

من النتائج الموضحة في جدول (10-15) و(10-16):

الكثافة الرطبة = كتلة التربة الرطبة ÷ الحجم = $1738 \div 944 = 1.84$ غم/سم³ .

نسبة الرطوبة = وزن الماء ÷ وزن العينة الجاف = $22.0 \div 141.2 = 15.58\%$.

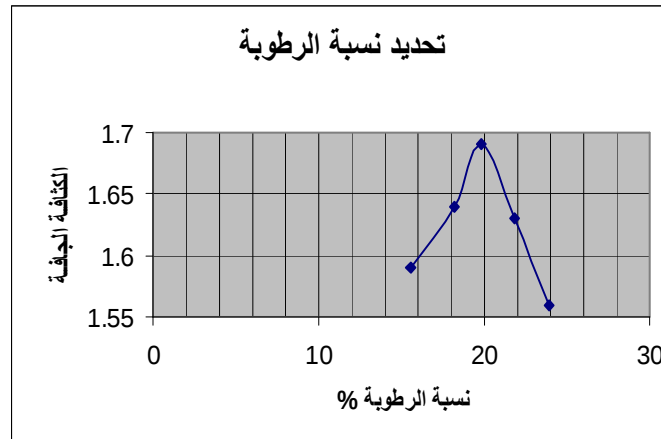
الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة ÷ (1+نسبة الرطوبة) = $1.84 \div (1+0.1585) = 1.59$ غم/سم³.

جدول (10-1) الكثافة الرطبة لطبقة (Sub-Base Course)

رقم الاختبار (Test No)	1	2	3	4	5
كمية الماء المضافة (ml)	00	60	60	60	60
وزن القالب+العينة (gm)	5108	5202	5276	5250	5190
وزن القالب (gm)	3370	3370	3370	3370	3370
وزن العينة (gm)	1738	1832	1906	1880	1820
الكثافة الرطبة (gm/ cm ³)	1.84	1.94	2.02	1.99	1.93

جدول (10-2) الكثافة الجافة لطبقة (Sub-Base Course)

رقم الحفنة	A1	A2	A3	A4	A5
وزن الحفنة+التربة الرطبة (gm)	195.3	183.2	169.9	228.9	249.5
وزن الحفنة+التربة الجافة (gm)	173.3	159.9	146.9	193.3	207.6
وزن الحفنة فارغة (gm)	32.1	31.8	31.1	30.3	32.1
وزن الماء المتبخر (gm)	22.0	23.3	23.0	35.6	41.9
وزن التربة الجافة (gm)	141.2	128.1	115.8	163.0	175.5
نسبة الرطوبة (wc%)	15.58	18.19	19.86	21.84	23.87
الكثافة الجافة (gm/ cm ³)	1.59	1.64	1.69	1.63	1.65



شكل (1-10) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة الأساس

أقصى كثافة جافة (maximum density) = 1.68 غم/سم³.

نسبة الماء المثالية (Optimum moisture content) = 19.87%.

2-10 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio Test):-

1-2-10 مقدمة:-

تعرف تجربة CBR بأنها معرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس أسطوانى مساحة مقطعة 1940 ملم² وذلك يتم عندما نسلط عليه قوة منتظمة لكي تحدث هذا الغرز. لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لإحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فإن التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20 ملم.

10-2-2 الهدف:-

إن الهدف من هذه التجربة هو إيجاد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) لطبقات الرصفة.

10-2-3 الأدوات المستخدمة:-

- 1- منخل رقم 20 ملم ($3/4$).
- 2- قالب معدني إسطواني قطره الداخلي 152 ملم وإرتفاعه الداخلي 178 ملم مع قاعدة و صفيحة علوية وحلقة إضافية إرتفاعها 50 ملم.
- 3- مكبس إسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963 ملم وطول 250 ملم.
- 4- جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم ، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.
- 5- مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 4.54كغم(10باوند).
- 6- ميزان يزن لغاية 25 كغم.

10-2-4 طريقة العمل:-

- 1- تتخل كتلة من العينة على منخل رقم $3/4$. المحجوز على المنخل يتم إستبداله بنفس الكمية المارة من منخل رقم $3/4$ ومحجوزة على منخل رقم 4".
- 2- تضاف كمية من الماء إلى العينة في وعاء يمنع التبخر لمدة 24 ساعة:
كمية الماء المضافة =(نسبة الماء المثالية – نسبة الرطوبة)×وزن العينة.
- 3- يجهز القالب الأسطواني الأول (قالب بروكتور المعدل) مع قاعدته، تثبت الحلقة وتوضع ورقة ترشيح في قاع القالب، توزن كتلة من العينة وتقسّم إلى خمسة أقسام متساوية بالوزن. يرص كل قسم بداخل القالب مع وجود الحلقة 10 ضربات بواسطة مطرقة بروكتور المعدلة (وزن 4.5 كغم وإرتفاع هبوطها 45.8 سم)،

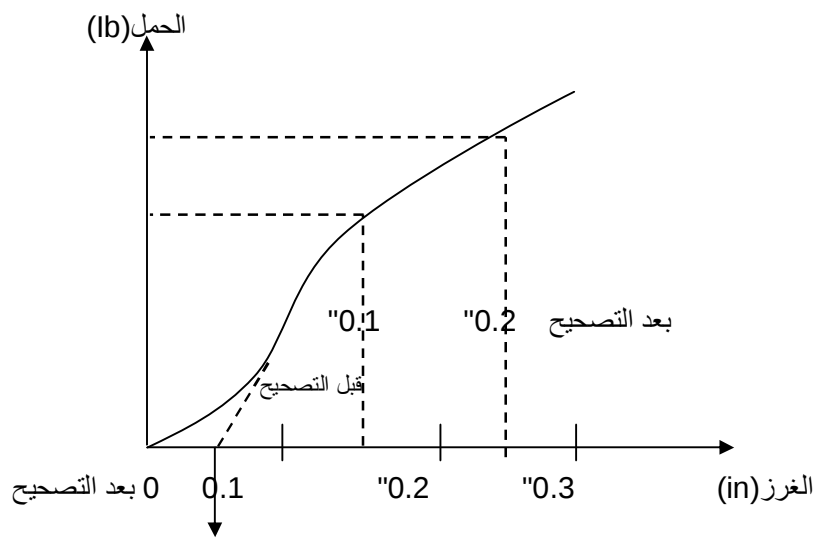
- وتوزع الضربات على سطح الطبقة بشكل منتظم بحيث تكون الطبقة الأخيرة ملامسة للسطح ومرتفعة قليلاً عن تزال الحلقة ويسوى سطح العينة مع وجه القالب باستعمال سكين غير حادة.
- 4- تعاد الخطوة رقم 3 لقالبين آخرين ولكن بعدد ضربات القالب الثاني: 30 ضربة لكل طبقة.
- القالب الثالث: 65 ضربة لكل طبقة.
- 5- بعد عملية الرص تغير القاعدة بقاعدة أخرى وتثبت الحلقة في الجهة الأخرى من القالب. يوضع القالب الأول في جهاز الغرز محتوي على العينة مع وجود القاعدة وسطح العينة إلى الأعلى، وعن طريق غرز المكبس بمعدل 1 ملم/ دقيقة يتم تسجيل الحمل عند غرز مقداره (0.5 - 12.5) ملم، وأثناء الغرز يجب وضع قرص دائري فوق المادة الجاري تجربتها وثقل هذا القرص يعادل سمك الرصف المنتظر فوق هذه المادة في الطبيعة.
- 6- تعاد الخطوة رقم 5 للوجه الثاني للعينة في القالب الأول بعد إزالة القاعدة من الطرف السفلي وتثبيتها في الطرف العلوي للقالب وذلك باستخدام جهاز إخراج العينات.
- 7- تعاد الخطوة رقم 5 والخطوة رقم 6 للقالب الثاني والثالث.
- 8- تم غمر القالب الثاني (30 ضربة) في الماء لمدة أربعة أيام وذلك لحساب نسبة الانتفاش للتربة.

10-2-5 الحسابات:-

- 1- يرسم منحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب لإختراق 2.5 ملم (0.1") في العينة عند التجربة.
- 2- تحسب قيمة ال CBR عند اختراق 2.5 ملم (0.1").
- نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) =
- (الحمل المسبب لإختراق 0.1" للعينة عند التجربة ÷ الحمل المسبب لنفس الاختراق لعينة قياسية) × 100%.

ملاحظة:-

يكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرز وقيمة الحمل المناظر لذلك الغرز متحدياً من الأعلى، في بعض الحالات قد يكون في بداية التجربة مقعراً إلى الأعلى ثم ينعكس وبهذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة أعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الأفقي (محور الغرز) ثم يزاح المنحنى إلى اليسار حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الأصل وهذا يعطي المنحنى الذي يمكن أخذ قيمة ال CBR منه.

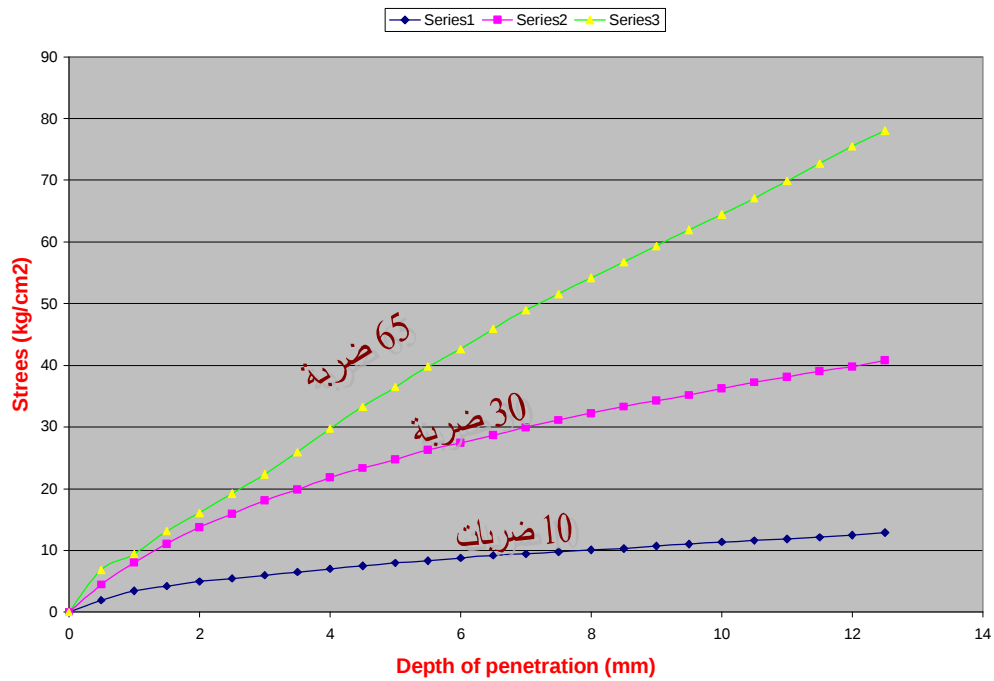


بداية المنحنى المصحح

الشكل (2-10) كيفية تصحيح منحنى الغرز

جدول (CBR For sub-grade) (3-10)

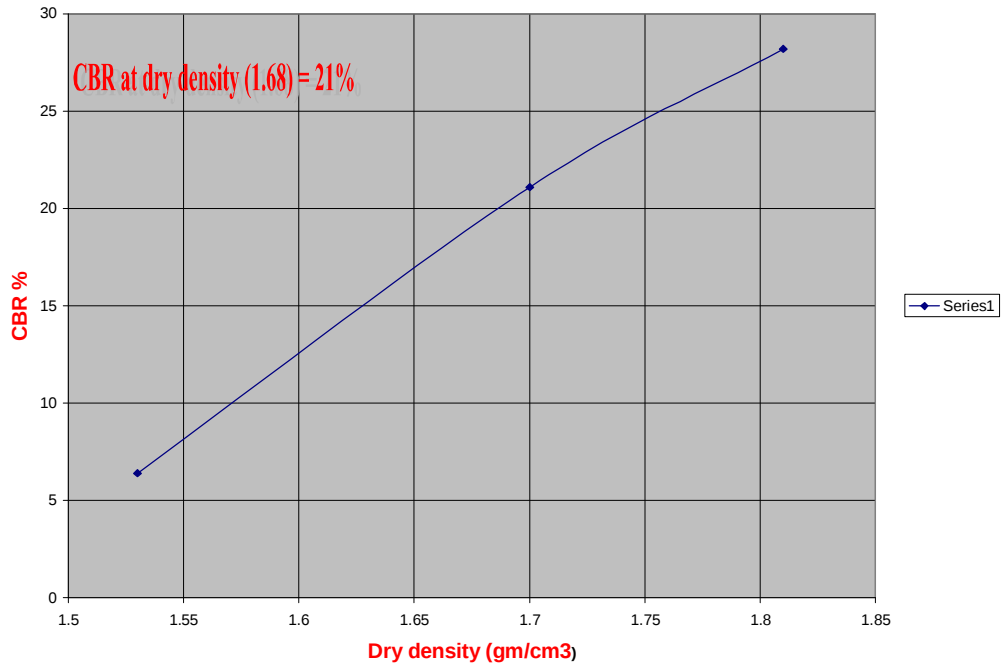
No. of Blows	10			30			65		
Penet. Depth mm	Dial	Load kg	Stress kg/cm ²	Dial	Load kg	Stress kg/cm ²	Dial	Load kg	Stress kg/cm ²
0.5	15	37.5	1.91	35	87.5	4.46	54	135.0	6.88
1.0	27	67.5	3.44	63	157.5	8.03	74	185.0	9.43
1.5	33	82.5	4.21	87	217.5	11.09	103	257.5	13.13
2.0	39	97.5	4.97	108	270.0	13.77	126	315.0	16.07
2.5	43	107.5	5.48	125	312.5	15.94	151	377.5	19.26
3.0	47	117.5	6.00	142	355.0	18.11	175	437.5	22.32
3.5	51	127.5	6.50	156	390.0	19.89	203	507.5	25.89
4.0	55	137.5	7.01	171	427.5	21.81	233	582.5	29.71
4.5	59	147.5	7.52	183	457.5	23.34	261	652.5	33.29
5.0	62	155.0	8.00	194	485.0	24.74	286	715.0	36.47
5.5	65	162.5	8.30	206	515.0	26.27	312	780.0	39.79
6.0	69	172.5	8.80	215	537.5	27.42	334	835.0	42.60
6.5	72	180.0	9.18	225	562.5	28.69	360	900.0	45.91
7.0	74	185.0	9.44	235	587.5	29.97	384	960.0	48.97
7.5	77	192.5	9.82	244	610.0	31.12	404	1010.0	51.53
8.0	79	197.5	10.10	253	632.5	32.27	425	1062.5	54.20
8.5	81	202.5	10.33	261	652.5	33.29	445	1112.5	56.76
9.0	84	210.0	10.71	269	672.5	34.31	465	1162.5	59.31
9.5	86	215.0	11.00	276	690.0	35.20	486	1215.0	61.98
10.0	89	222.5	11.35	284	710.0	36.22	505	1262.5	64.41
10.5	91	227.5	11.61	292	730.0	37.24	526	1315.0	67.09
11.0	93	232.5	11.86	299	747.5	38.13	548	1370.0	69.89
11.5	95	237.5	12.11	306	765.0	39.03	570	1425.0	72.70
12.0	98	245.0	12.50	312	780.0	39.79	592	1480.0	75.51
12.5	101	252.5	12.88	320	800.0	40.81	612	1530.0	78.06



الشكل (3-10) (العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد)

جدول (4-10) (ملخص النتائج)

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	19.89		19.89		19.89	
Dry Density gm/cm ³	1.53		1.70		1.81	
Penetration mm	2.5	5.0	2.5	5.0	2.5	5.0
Stress Kg/cm ²	4.5	8.0	16.2	26.0	21.0	35.3

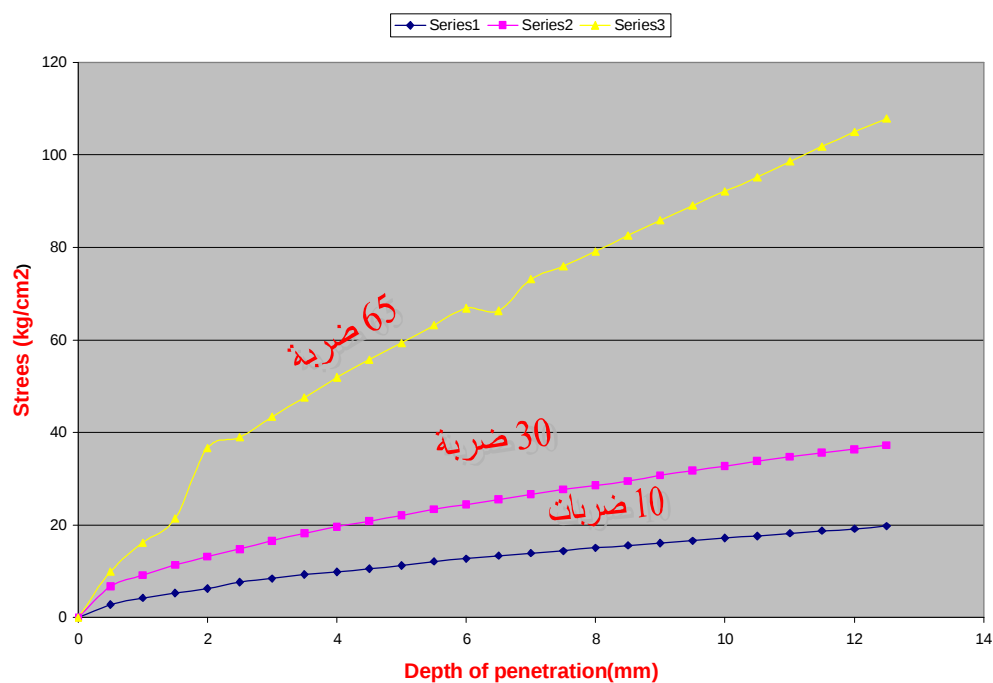


شكل (4-10) (العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR)

3-10 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة (base-course):-

جدول رقم (5 -10) (CBR For base course)

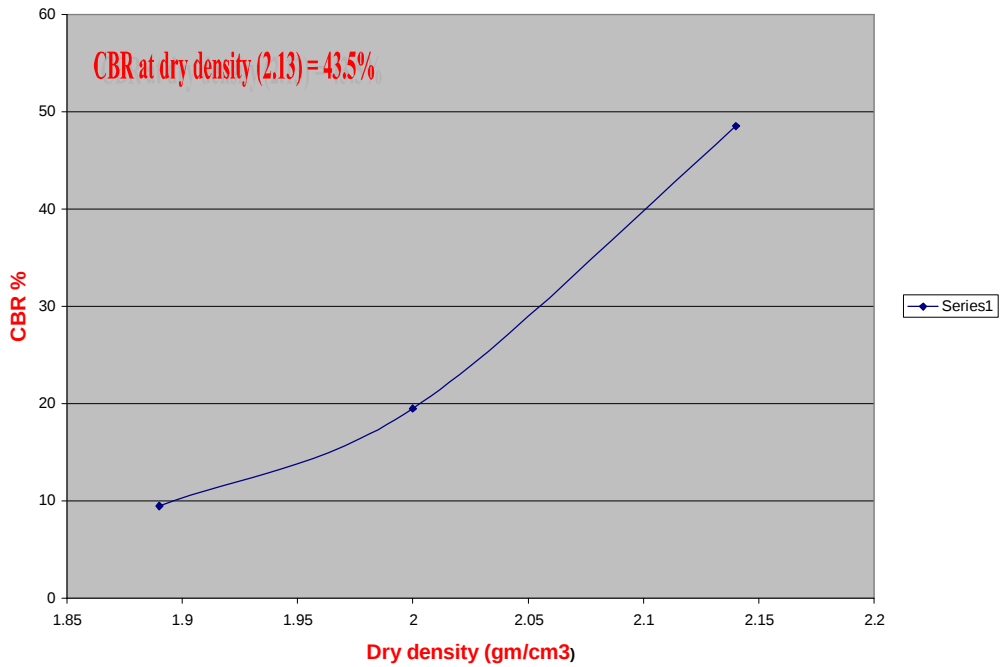
No. of Blows	10			30			65		
Penet. Depth mm	Dial	Load kg	Stress kg/cm2	Dial	Load kg	Stress kg/cm2	Dial	Load kg	Stress kg/cm2
0.5	22	55.0	2.80	53	132.5	6.76	78	195.0	9.94
1.0	33	82.50	4.20	72	180.0	9.18	127	317.5	16.198
1.5	42	105.0	5.35	89	222.5	11.35	168	420.0	21.42
2.0	49	122.5	6.25	103	257.5	13.13	287	717.5	36.60
2.5	60	150.0	7.65	116	290.0	14.79	305	762.5	38.90
3.0	66	165.0	8.41	130	325.0	16.58	340	850.0	43.36
3.5	73	182.5	9.31	143	357.5	18.23	373	932.5	47.57
4.0	77	192.5	9.82	154	385.0	19.64	407	1017.5	51.91
4.5	83	207.5	10.58	163	407.5	20.79	437	1092.5	55.73
5.0	88	220.0	11.22	173	432.5	22.06	465	1162.5	59.31
5.5	95	237.5	12.11	183	457.5	23.34	495	1237.5	63.13
6.0	100	250.0	12.75	191	477.5	24.36	524	1310.0	66.83
6.5	105	262.5	13.39	200	500.0	25.51	520	1300.0	66.32
7.0	109	272.5	13.90	209	522.5	26.65	573	1432.5	73.08
7.5	113	282.5	14.41	217	542.5	27.67	595	1487.5	75.89
8.0	118	295.0	15.05	224	560.0	28.57	620	1550.0	79.08
8.5	122	305.0	15.56	231	577.5	29.46	647	1617.5	82.52
9.0	126	315.0	16.07	241	602.5	30.73	673	1682.5	85.84
9.5	130	325.0	16.58	249	622.5	31.76	698	1745.0	89.03
10.0	135	337.5	17.21	256	640.0	32.65	722	1805.0	92.09
10.5	138	345.0	17.60	265	662.5	33.80	746	1865.0	95.15
11.0	143	357.5	18.23	272	680.0	34.69	773	1932.5	98.59
11.5	147	367.5	18.75	279	697.5	35.58	798	1995.0	101.78
12.0	150	375.0	19.13	285	712.5	36.35	823	2057.5	104.97
12.5	155	387.5	19.77	292	730.0	37.24	845	2112.5	107.78



شكل (5-10) (العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد)

جدول (6-10) (ملخص النتائج)

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	6		6		6	
Dry Density gm/cm ³	1.89		2.00		2.14	
Penetration mm	2.5	05.	2.5	05.	2.5	05.
Stress Kg/cm ²	8.0	11.0	17.0	22.0	39.0	58.0



شكل (10-6) (العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR)

4-10 حد السيولة (Liquid Limit Test):-

الجدول رقم (10-7) حد السيولة

رقم الجفنه	A22	A20	A30
عدد الضربات	14	24	35
وزن الجفنه فارغة (غرام)	31.3	32.7	33.2
وزن العينة رطبة + الوعاء (غرام)	65.10	62.3	73.3
وزن العينة جافة + الوعاء (غرام)	58.60	57.00	66.70
وزن التربة جافة (غرام)	27.30	24.30	33.50
وزن الماء (غرام)	6.50	5.30	6.60
نسبة الرطوبة	23.81	21.81	19.70

ويمثل الشكل (10-7) العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة.

10-5 حد اللدونة (Plastic Limit Test):-

جدول رقم (10-8) حد اللدونة للعينات الأولى

رقم الجفنه	A6
وزن الجفنه فارغة (غرام)	30.9
وزن العينة رطبة + الوعاء (غرام)	46.60
وزن العينة جافة + الوعاء (غرام)	44.50
وزن التربة جافة (غرام)	14.60
وزن الماء (غرام)	2.10
نسبة الرطوبة	14.38

ويعتبر حد اللدونة هو نسبة الرطوبة في العينة = 14.38 %

Plasticity index (PI):

$$PI = Ll - Pl \dots\dots\dots 1-10$$

$$PI = 22.5 - 14.38 = 8.12$$

6-10 تجربة التدرج الحبيبي:-

1-6-10 مقدمة:-

المقصود بالتدرج الحبيبي هو فرز الحبيبات ذات المقاسات المتشابهة للعينة وإيجاد نسبة كل منها إلى الوزن الكلي للعينة. ويجري التعبير عادة عن النسبة المؤوية للمواد الأكثر نعومة من قياس معين (Percentage finer) أو نسبة المواد التي تمر من منخل معين.

10-6-2 الهدف:-

إن الهدف من هذه التجربة فرز المواد ذات المقاسات المتشابهة ويساعد على إختيار مواد الطبقات الترابية لأعمال الطريق وأهمها طبقة الأساس كما تساعد معرفة التدرج الحبيبي للتربة في تقرير فعالية تحسين خصائصها بواسطة الدمك (Compaction).

10-6-3 الأدوات المستخدمة:-

- 1- مجموعة المناخل القياسية.
- 2- موازين مناسبة.
- 3- أوعية معدنية.

10-6-4 طريقة العمل:-

- 1- يتم أخذ العينة التي سيجري عليها الفحص من العينة الأصلية بواسطة التقسيم في صندوق الفرز (التقسيم الرباعي) وذلك لضمان الحصول على عينة متجانسة وجيدة التمثيل للعينة الأصلية .
- 2- توزن العينة اللازمة للفحص ويعتمد الوزن للعينة على قياس أكبر حبيبة فيها حيث يلزم أخذ أكبر كلما كانت الحبيبات كبيرة أكبر.
- 3- ترتيب المناخل القياسية (ذو الفتحات الأكبر ثم الأصغر) ووضع العينة فيها.
- 4- التنخيل بواسطة اليد أو التنخيل الميكانيكي (التنخيل في هذه التجربة تم بواسطة اليد).
- 5- بعد انتهاء التنخيل يؤخذ المتبقي على كل منخل إلى وعاء معدني ثم يوزن بدقة

10-6-5 الحسابات:-

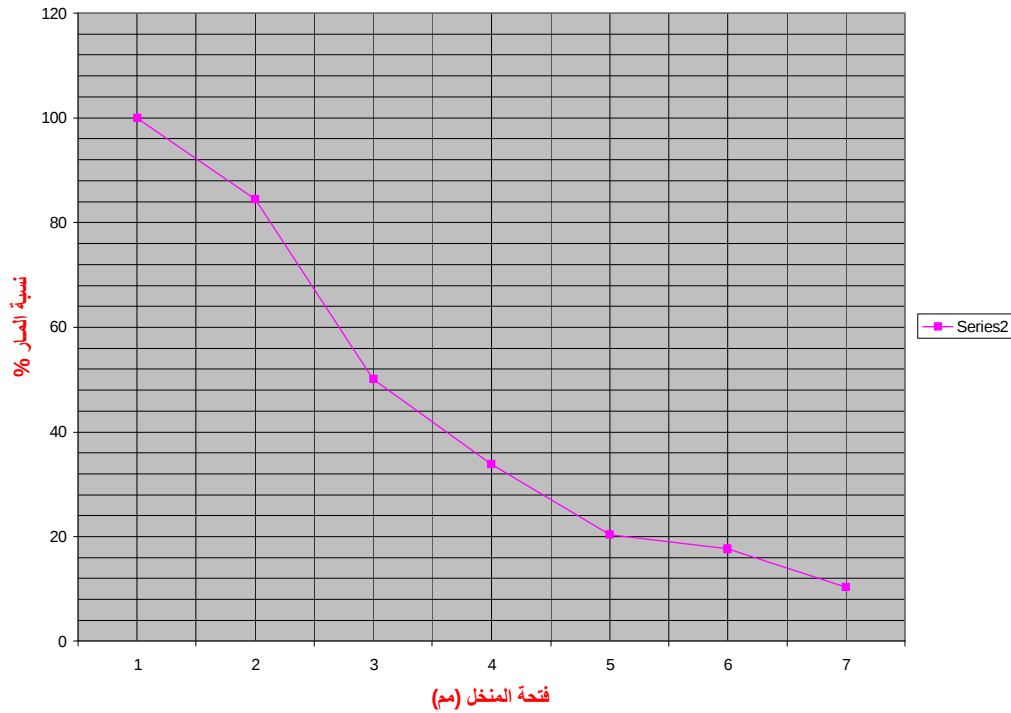
* نسبة المتبقي على كل منخل إلى الوزن الأصلي للعينة (M1).
(وزن العينة على المنخل / وزن العينة الأصلي M1)*100%.

10-6-6 النتائج:-

منخل رقم (20).
الوزن الكلي للعينة = 500 غم.
الوزن المتبقي = 172.32 غم.
نسبة المتبقي = $(500/172.32) \times 100\% = 34.46$
نسبة المتبقي التراكمي = نسبة المتبقي على كل من المناخل $(4+10+20) = 34.46+15.44+0.042 = 49.942$.
نسبة المار = $100\% - 49.942\% = 50.058$.

جدول (9-10) التدرج الحبيبي

sieve #	sieve opening mm	weight retained on each sieve	% weight retained	cumulative % retained	% pass
4	4.75	0.21	0.042	0.042	99.958
10	2	77.20	15.44	15.482	84.518
20	0.85	172.32	34.46	49.942	50.058
40	0.425	81.00	16.20	66.142	33.858
80	0.250	67.40	13.48	79.622	20.378
100	0.150	13.70	2.74	82.362	17.638
200	0.075	36.40	7.27	89.632	10.368
pan	-----	51.77	10.35	99.982	0.018
Σ		500	99.98		



ويمثل الشكل (8-10) العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار

ويمكن التعبير عن مستوى التدرج الحبيبي للتربة من خلال ثلاثة معايير هي:

1- القطر المؤثر (D_{10}) (Effective Diameter): ويمثل قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته 10% من

نسبة المار من عينة التربة والميمنة بمنحنى التدرج الحبيبي .

2- معامل الانتظام (C_u) (Uniformity Coefficient): وهو يمثل النسبة بين حبيبات التربة المناظر لما

نسبته 60% D_{60} الى قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته 10% D_{10} من نسبة المار من عينة التربة.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots 2-10$$

$$C_u = \frac{1.01}{0.0875} = 11.54$$

3- معامل التدرج (C_c) (Gradation Coefficient): ويوجد حسب العلاقة التالية:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \dots\dots\dots 3-10$$

$$C_c = \frac{(0.4)^2}{1.01 * 0.0875} = 1.81$$

7-10 فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي:-

1-7-10 الهدف:-

إيجاد نسبة الإسفلت الفعلية المستخدمة لعمل المخلوط الإسفلتي الساخن، وهناك عديد من الطرق المستخدمة منها :-

- 1- طريقة القوة الطاردة المركزية
- 2- طريقة الحجرة الزجاجية Jar-Glass
- 3- طريقة السلة والغلاية Kettle and Basket

2-7-10 طريقة الطرد المركزي:-

1-2-7-10 الأدوات المستخدمة:-

- 1- جهاز الطرد المركزي ويتكون من وعاء قطره (21 سم) وإرتفاعه حوالي (6 سم) يدور بسرعة يمكن التحكم فيها تصل إلى (3600) دورة في الدقيقة ولها غطاء معدني. وهذا الجهاز مكمل لعمل جهاز تحليل العينات الإسفلتية ويقوم هذا الجهاز بفصل الدقيق (filler) عن المادة المذيبة المضافة بواسطة قوة الجهاز الطاردة إذ يبقى الدقيق عالقا بورقة الترشيح بينما يخرج المذيب إلى الخارج.
- 2- عينة إسفلت غير مركوة (حوالي 1200 غم).
- 3- فرن تسخين (يعطي لغاية 250°C ، ودقته لاقرب 5°C).
- 4- فرن تجفيف (يعطي 250°C - 240°C).
- 5- ورقة ترشيح.
- 6- أقراص فلتر أفطراها 9.75 سم.

7- مادة مذبية (بنزين).

8- ميزان حرارة.

9- ميزان حساس (سعة 1200 غم، ودقة 0.01).

10- كفوف.

11 - صينية.

10-7-2-2 طريقة العمل:-

- 1- توزن عينة من الخلطة الإسفلتية داخل الوعاء بعد تسخينها لدرجة تسهل مناولتها.
- 2- تضاف كمية من المادة المذبية إلى العينة ثم تترك وقت كاف حوالي نصف ساعة حتى تتفكك.
- 3- توضع العينة والمذيب في جهاز الطرد المركزي.
- 4- يجفف ويوزن قرص فلتر ويركب فوق حافة الوعاء بعد وضع ورقة الترشيح ثم يوضع وعاء تحت المصرف لجمع المحلول المتصرف ثم يغطى الجهاز.
- 5- يبدأ بالطرد المركزي بالدوران البطيء وبالتدريج تزداد السرعة حتى يتوقف تصرف المحلول من المصرف ثم يوقف الجهاز.
- 6- يضاف (200) سم³ من المذيب التنظيف ثم تعاد الخطوة رقم 5.
- 7- تستعمل إضافات (200) سم³ من المذيب التنظيف كل مرة (لا تقل عن ثلاثة مرات) حتى يحصل على محلول متصرف نظيف.
- 8- تخرج العينة مع ورق النشاف من جهاز الطرد المركزي وتوضع في صينية ثم تحرق العينة مع ورقة النشاف في الوعاء مع التحريك.
- 9- توضع العينة في الفرن المجفف لمدة (24) ساعة وتوزن في اليوم التالي.
- 10- توضع العينة في منخل رقم (200) ثم تغسل في الماء للتخلص من المواد العالقة ويستمر في الغسيل حتى يصبح لون الماء نقيا.
- 11- توضع العينة في وعاء ومن ثم توضع في فرن التجفيف (110) درجة مئوية لمدة (24) ساعة وتوزن في اليوم التالي.
- 12- تنخل العينة على المناخل ($1/2$ ، $3/8$ ، رقم 4 ، رقم 8 ، رقم 40 ، رقم 80 ، رقم 200) بعد ترتيبها فوق بعضها البعض من الأصغر إلى الأكبر.

13- يزن المحجوز على كل منخل من المناخل.

10-7-2-3 الحسابات:-

تحسب نسبة الإسفلت ونسبة المار الكلي بالوزن من كل منخل كما يلي:

A : وزن العينة الكلي.

B : وزن العينة بعد التجفيف.

C : الفاقد في الوزن (A-B).

D : الوزن الضائع بعد وضع المادة المذيبة $100 \div (0.4 \times A)$.

E : وزن البيتومين (C-D).

F : نسبة الإسفلت $100 \times (A \div E)$.

G : وزن الحصمة الجافة الكلي (B+D).

H : وزن الحصمة المتبقي على منخل رقم 200 بعد الغسيل.

J : وزن الحصمة المارة من منخل رقم 200 بعد الغسيل (G-H).

K : وزن الحصمة المارة من منخل رقم 200 بعد التنخيل.

L : وزن الحصمة الكلي المار من منخل رقم 200 (J+K).

M : نسبة المار من منخل رقم 200 $100 \times (L \div G)$.

نسبة المحجوز على المنخل = الوزن المحجوز على المنخل $\div$ الوزن الكلي.

نسبة المار من المنخل = $100\% -$ نسبة المحجوز على المنخل.

10-7-2-4 النتائج:-

1- تظهر قيمة نسبة الإسفلت للمخلوط الإسفلتي في الجدول (10-10).

2- نسبة المار من كل منخل لحصمة المخلوط الإسفلتي تظهر في الجدول (10-11).

Table (10-10) Analysis of Asphaltic mixture sample (gm)

Weight of Asphalt sample (gm)	1200.00
Weight of Extracted Aggregate (gm)	1134.00
Theoretical Max. specific Gravity of Asphalt Sample (gm/cm ³)	2.484
Specific Gravity of Extracted Aggregate(gm/cm ³)	2.650
Weight of Asphalt in the sample (gm)	66.00
Percent of Bitumen by Weight of Total Mix %	5.500
Percent of Bitumen by Weight of Aggregate %	5.820
Specific Weight of Asphalt in Mix (gm/cm ³)	1.020

Table (11-10) Extracted aggregate gradation

Sieve size		Passing %	Specification limits	
in	mm		Lower	Upper Limit
3/4	19	100	90	100
1/2	12.5	90	71	90
3/8	9.5	74	56	80
4	4.75	56	35	65
10	2	39	23	49
20	0.85	22	14	43
40	0.425	14	5	19
80	0.18	9	4	15
200	0.075	6	2	8

3-7-10 كثافة قوالب مارشال (الكثافة النوعية الفعلية):-

1-3-7-10 الهدف:-

إيجاد الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية.

10-7-3-2 الأدوات المستخدمة:-

- 1- جهاز مارشال الأوتوماتيكي.
- 2- فرن تسخين.
- 3- ميزان حرارة.
- 4- عينات من الإسفلت المخلوط (1200) غم لكل عينة.
- 5- جهاز إخراج العينات (صورة 14-5).
- 6- كليب، ورق نشاف.
- 7- ميزان حساس.
- 8- ميزان السلة الحساس مع حوض ماء (صورة 15-4).
- 9- كفوف ومسطرين خاص للتحريك .

تعريف جهاز مارشال الأوتوماتيكي:

يستعمل هذا الجهاز لصنع قوالب مارشال الأسطوانية الشكل التي قطرها 4" وإرتفاعها 2.5" من الخلطات الإسفلتية الساخنة التي لا يزيد أكبر قطر للحبيبات بها عن 1" وذلك بدكها من الوجهين لعدد معين من الضربات حسب شدة السير المتوقع على الطريق الذي سيستعمل له تلك الخلطات الإسفلتية. ووزن المطرقة المستعملة في الجهاز يعادل 4.536 كغم وتسقط على العينة أوتوماتيكيا من إرتفاع 45.72 سم حسب المواصفات الأمريكية. ويعمل هذا الجهاز بجهد 220 فولت وبواسطة محرك قوته 0.5 حصان (صورة 13-5).

10-7-3-3 طريقة العمل:-

- 1- توضع العينات في فرن التسخين حتى تصل درجة حرارتها إلى 150 درجة مئوية، ومن ثم تخرج من الفرن وتحرك جيدا.
- 2- نزن عدد من العينات في حدود 1200 غم لكل عينة وبدرجة حرارة 150 درجة مئوية.

- 3- توضع مطرقة مارشال الميكانيكية وقالب مارشال في فرن التسخين حتى تصل درجة حرارتهما إلى 150 درجة مئوية (درجة حرارة العينات)، حتى لا تؤثر درجة حرارتهما على حرارة الإسفلت.
- 4- يركب قالب مارشال في جهاز مارشال الأتوماتيكي ومن ثم توضع العينة الأولى في القالب وتحرك لتسوية سطحها وتوضع ورقة النشاف على وجه العينة.
- 5- تثبت مطرقة مارشال على جهاز مارشال جيدا ومن ثم يشغل الجهاز ليدمك الوجه الأول للعينة 50 ضربة.
- 6- يقلب قالب مارشال في الوجه الآخر للعينة ويدمك 50 ضربة أخرى بعد وضع ورقة النشاف.
- 7- تخرج العينة من القالب بواسطة جهاز إخراج العينات وتزل ورقة النشاف.
- 8- يقاس طول العينة بواسطة الكليبور ويسجل الطول.
- 9- تعاد الخطوات السابقة لعينات أخرى من الإسفلت حتى نحصل على 5-6 عينات طول كل منها يقع ضمن الطول (63ملم + 41ملم)، يتم تقليل الوزن في كل مرة حتى يتم الحصول على الطول المناسب.
- 10- توضع العينات التي يقع طولها ضمن الطول (63 ملم + 1.4ملم) في فرن التجفيف على درجة حرارة 40 درجة مئوية لمدة نصف ساعة للتخلص من الرطوبة ومن ثم يؤخذ وزنها في الهواء.
- 11- تغلف العينات بالبرافين (الشمع) بعد إذابة الشمع بحيث لا يبقى مسامات يدخل من خلالها الماء وتترك حتى تجف ومن ثم يؤخذ وزن العينات بالبرافين في الهواء.
- 12- يؤخذ وزن العينات بالبرافين في الماء.

10-7-3-4 الحسابات:-

يتم حساب الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية حسب القانون التالي:-

$$\text{الكثافة النوعية الفعلية للإسفلت} = \frac{((F \div (A-D)) - E - D)}{A}$$

حيث أن :-

A : وزن عينات الإسفلت في الهواء بدون تغليف.

D : وزن العينات في الهواء مغلقة بالبرافين.

E : وزن العينات في الماء مغلقة بالبرافين.

F : الوزن النوعي للبرافين (0.8).

5-3-7-10 النتائج:-

- 1- تم عمل إحدى عشر عينة وكان طول كل منها كما هو موضح في الجدول (10-12).
- 2- تظهر قيمة الكثافة النوعية الفعلية للإسفلت في الجدول (10-13).

جدول (10-12) طول عينات الإسفلت الناتجة بعد عملية الدمك في جهاز مارشال

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
الطول (مم)	70	64.5	65.3	64.2	64.8	66.5	63.2	67.7	65.5	63.5	64
التقييم	غير جيدة	جيدة	غير جيدة	جيدة	جيدة	غير جيدة	جيدة	غير جيدة	غير جيدة	جيدة	جيدة

جدول (10-13) الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية

العينة	1	2	3	4	5	6
A (غم)	1078.5	1095.3	1110.2	1094	1082.4	1078.7
D (غم)	1102.6	1124.1	1133.5	1123.9	1110.5	1100
E (غم)	594.1	600	608.7	597.3	591.1	582.4
F	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
كثافة الإسفلت (غم/سم ³)	2.255	2.244	2.240	2.236	2.235	2.20

8-10 مناقشة النتائج والتحليل:-

بناءً على النتائج المخبرية التي حصلنا عليها وبالرجوع إلى (AASHTO) لتصنيف التربة تبين لنا ما يلي:-

نسبة المار من منخل رقم 200 = 10.368 > 35%

حد اللدنة (PL) = 14.38

حد السيولة (LL) = 22.5 > 40

مؤشر اللدونة (PI) = 8.12

$$GI = (F - 35) \{0.2 + 0.005(LL - 40)\} + 0.01(F - 15)(PI - 10) \dots\dots\dots 4 - 10$$

Where:

GI= Group Index.

F= Pass from sieve #200=10.368

$$GI = (10.368 - 35) \{0.2 + 0.005(22.5 - 40)\} + 0.01(10.368 - 15)(8.12 - 10) \\ = 00.00$$

يمكن تصنيف التربة إلى (A-2-4) (silty or clayey gravel and sand)، وبناءً على AASHTO يمكن اعتماد هذه الطبقة كطبقة (sub Base).

قيمة CBR = 21.00%

بناءً على المواصفات الفلسطينية فهي قيمة يمكن اعتمادها للتصميم (أكبر من 8) {8}

المراجع

- 1- الشريف روعي، البسيط في تصميم وإنشاء الطرق، الجزء الأول، عمان، الأردن، 1981.
- 2- الشريف روعي، البسيط في تصميم وإنشاء الطرق، الجزء الثاني، عمان، الأردن، 1985.
- 3- حجاوي سامي أحمد ، فحوصات التربة للأغراض الإنشائية، الطبعة الأولى، فلسطين ، 2003.
- 4- سالم محمود توفيق، هندسة الطرق 1، منشورات الراتب للأبحاث والدراسات الجامعية، بيروت، لبنان، 1984.
- 5- صيام يوسف ، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان، 1978 .
- 6- القرني عبد الله ، سعد القاضي، يوسف صيام، تغطية مساحية للطرق، دار مجدلاوي للنشر ، عمان ، الأردن ، 1999.
- 7-A.Hoel Lester, J Garber Nichoias, Traffic and Highway Engineering, Courier Companies, Inc, 1982.
- 8-<http://www.momra.gov.sa/specs/internal.asp>

فهرس الأشكال

رقم الصفحة	الشكل	رقم الشكل
9	الفرق المساحية اللازمة لإنجاز مشروع مسار معين	(1-3)
9	قوة العلاقة بين مختلف الفرق العاملة في المشروع	(2-3)
10	الشعب الممثلة للفرق الهندسة المدنية	(3-3)
11	العاملون في فريق المساحة الأرضية	(4-3)
12	العاملون في فريق المساحة الجوية	(5-3)
13	العلاقة بين فرق الهندسة المختلفة المطلوبة في أعمال الطرق	(6-3)
28	المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم أعمدة الإنارة للطرق	(1-5)
34	إدخال الميول العرضية على الطريق	(1-6)
35	الميول الطولية للطريق	(2-6)
37	الأنواع المختلفة الاطارييف	(3-6)
38	يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن	(4-6)
39	مسافة الرؤية للتجاوز	(5-6)
42	تأثير القوة الطاردة المركزية	(1-7)
45	يوضح شكل المركبة على المنحني	(2-7)
46	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	(3-7)
47	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة	(4-7)
48	أنواع المنحنيات الدائرية	(5-7)
50	عناصر المنحني الدائري البسيط	(6-7)
50	عناصر المنحني الدائري المركب	(7-7)
51	عناصر المنحني الدائري مكسور الظهر	(8-7)
51	المنحنيات العكسية	(9-7)
52	المنحنيات المتدرجة	(10-7)
53	المنحني البيضي (برنولي)	(11-7)
54	الكلوتونيد	(12-7)
56	الازاحة في المنحني الدائري	(13-7)
58	طريقة توقيع التوسيع للمنحني	(14-7)
63	انعطاف دورة واحدة	(15-7)
63	انعطاف مزدوج	(16-7)
65	فرق الميل أو زاوية الميل	(17-7)
66	عناصر المنحني الرأسي	(18-7)
68	منحني رأسي غير متماثل	(19-7)
71	القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل	(20-7)
73	منحني رأسي قاعي	(21-7)
79	مقطع عرضي لطريق يبين فيه عملية صرف المياه عن الطريق	(1-8)
81	يبين مقاطع من أنواع العبارات	(2-8)
88	طريقة الإحداثيات	(1-9)
91	مقطع حفر كامل	(2-9)
100	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة الأساس	(1-10)
103	كيفية تصحيح منحني الغرز	(2-10)
105	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	(3-10)
106	العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR	(4-10)
108	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	(5-10)
109	العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR	(6-10)

رقم الصفحة	الشكل	رقم الشكل
110	العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة	(7-10)
114	العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار	(8-10)
124	طبقات الرصفة المرنة	(1-11)
137	إيجاد (S-soil support value)	(2-11)
138	AASHTO flexible-pavement design	(3-11)

فهرس الجداول

رقم الصفحة	الجدول	رقم الجدول
6	الجدول الزمني لإنجاز مقدمة المشروع	(1-1)
6	الجدول الزمني لإنجاز المشروع	(2-1)
23	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الكي تدل عليه الإشارة	(1-5)
25	أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع	(2-5)
30	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	(3-5)
34	قيمة الميول العرضية حسب نوع الرصيف	(1-6)
35	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	(2-6)
38	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	(3-6)
39	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	(4-6)
46	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	(1-7)
46	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	(2-7)
60	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية	(3-7)
72	الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة التصميمية	(4-7)
73	القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية حسب الميول الرأسية	(5-7)
99	الكثافة الرطبة لطبقة (Sub-Base Course)	(1-10)
99	الكثافة الجافة لطبقة (Sub-Base Course)	(2-10)
104	CBR For sub-grade	(3-10)
105	ملخص النتائج	(4-10)
107	CBR For base course	(5-10)
108	ملخص النتائج	(6-10)
109	حد السيولة	(7-10)
110	حد اللدونة للعينة الأولى	(8-10)
113	التدرج الحبيبي	(9-10)
118	Analysis of Asphaltic mixture sample	(10-10)
118	Extracted aggregate gradation	(11-10)
121	طول عينات الإسفلت الناتجة بعد عملية الدمك في جهاز مارشل	(12-10)
121	الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية	(10-10)
127	نسبة المركبات في المسرب الواحد Percentage Of Total Truck Traffic in Design Lane	(1-11)
128	معامل النمو (Growth factor)	(2-11)
129	عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات	(3-11)
129	الأوزان المكافئة لأنواع المركبات	(4-11)
130	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor)	(5-11)
132	نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة	(6-11)
133	قيمة المعامل المناخي (Regional Factor) حسب المناخ	(7-11)
134	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	(8-11)
135	معامل الطبقة (layer coefficient) للبيسكورس	(9-11)
135	الطبقة Sub base ل (layer coefficient)	(10-11)
139	سمائة طبقات الرصفة المرنة للطريق	(11-11)

(Appendix) الملاحق

141.....	الملحق رقم (1) $\ddot{u} \ddot{u} \ddot{U} \ddot{u}$
142.....	الملحق رقم (2) $\ddot{u} X \ddot{u} \mathcal{M}$
143.....	الملحق رقم (3) $F \ddot{u} \ddot{U} \ddot{u} \ddot{u} \ddot{U} \ddot{x}$
144.....	الملحق رقم (4) $F \ddot{u} \ddot{u} \ddot{U} \ddot{u} \ddot{u} \ddot{U} \ddot{x}$
145.....	الملحق رقم (5) Location Map
146.....	الملحق رقم (6) Travers Map
147.....	الملحق رقم (7) Typical Section
148.....	الملحق رقم (8) Plan and Profile
149.....	الملحق رقم (9) Typical cross section
150.....	الملحق رقم (10) Volume of cut and fill