بسم الله الرحمن الرحيم

تصميم شارع عسقلان /وادي نزار

فريق العمل

محمد احمد ابوصبحة

يوسف شوقي صوافطة

إشراف

د.نافذ ناصر الدين

تقرير مشروع التخرج

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعة بوليتكنك فلسطين

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

كانون الثاني – 2008 م

جامعة بوليتكنك
ytechnic University
(PPU)
المكتبة LIBRARY
الرقم المسلسل ١١٠٠٢
Acc.
Class.

ملخص المشروع

تصميم طريق عسقلان – وادي نزار

فريق العمل:

محمد أحمد أبو صبحة يوسف شوقي صوافطة

جامعة بوليتكنك فلسطين– 2008م

إشراف:

د. نافذ ناصر الدين

المشروع عبارة عن إعادة تأهيل وتصميم شارع(عسقلان /وادي نزار)، وقد تم اختيار هذا المشروع لما له من أهمية حيوية في مدينة دورا ، حيث يشكل هذا المشروع تطبيقا للمفاهيم الهندسية والمواصفات الفنية الواجب اتباعها عند القيام بتصميم أي طريق . يحتوي هذا المشروع على عدة فصول نظرية وحسابية مبينة بالتفصيل في هيكلية المشروع ، ويتكون هذا المشروع من جزئين : عمل ميداني وعمل مكتبي .

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

Abstract

DESIGN FOR ASQALAN STREET

Project Team

Mohammed Abusabha

Yousef Sawaftah

Palestine Polytechnic University-٢٠٠٨

Supervisor

Dr: Nafez Naser Eddin

This project is design for Asqalan street in Dora city, the importance of this street is that it connects the middle of Dora city with Deer Samet town

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

شهادة تقييم مشروع التخرج..... I

صفحة العنوان..... II

الإهداء..... III

الشكر و التقدير..... IV

الملخص(بالعربية)..... V

الملخص(بالإنجليزية)..... VI

فهرس المحتويات..... VII

فهرس الأشكال..... XIX

فهرس الجداول..... XXII

فهرس المراجع للإشكال التوضيحية..... XXV

فهرس المراجع للجداول..... XXVI

الملاحق..... XXVII

الاول الفصل

المقـــدمـــة

1-1 نظرة عامة..... 1.

2-1 نبذة تاريخية عن الطرق ..... 2.

3-1 فكرة المشروع ..... 3.

4-1 اهمية المشروع..... 3.

5-1 طريقة البحث ..... 4.

6-1 هيكلية المشروع ..... 5.

7-1 العوائق والصعوبات ..... 5.

8-1 الاجهزة المساحية والبرامج المستخدمة ..... 6.

9-1 الدراسات السابقة ..... 6.

الفصل الثاني

الفرق الهندسية المصممة للطريق

2-1 مقدمة 7

2-2 فريق الهندسة المدنية ..... 9.

3-2 فريق المساحة الارضية 10

4-2 فريق المساحة الجوية 10

2-5العلاقة بين الفرق الهندسية المختلفة ..... 11.

2-5-1 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية و هندسة المساحة الارضية... 11

2-5-2 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وهندسة المساحة الجوية 12

2-5-3 العلاقة بين فريق المساحة الارضية وفريق المساحة الجوية 12

الفصل الثالث

الاعمال المساحية

1-3 مقدمة 14

2-3 دراسة المخططات ... .15

3 -3 الاعمال الاستطلاعية.....15

4-3 مرحلة الدراسات المسحية الابتدائية. 16

5-3 المساحة التفصيلية. 17

6-3 مرحلة الاعمال المساحية النهائية.....18

الفصل الرابع

حجم واشارات المرور

1-4 مقدمة. 19

2-4 الهدف من دراسة حجم المركبات..... 20

3-4 تعداد المركبات. 20

4-4 انواع التعداد على الطريق 21

5-4 طرق اجراء التعداد 21

6-4 مكان انطلاق السير ووجهته النهائية. 22

4-7 فترات التعداد 23

4-8 السير الحالي والمستقبلي 24

4-9 عمر الطريق 24

4-10 تحليل المعلومات حول حجم السير 25

4-11 إشارات المرور 26

4-11-1 أنواع الإشارات 26

4-11-2 مواصفات الاشارات 27

4-11-3 موقع الاشارة 27

4-11-4 علامات المرور على الطريق 30

4-11-4-1 اهداف علامات المرور 30

4-11-4-2 الشروط الواجب توفرها في علامات المرور 31

4-11-4-3 انواع علامات المرور 31

الفصل الخامس

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق.

5-1 مقدمة 33

5-2 الامور الواجب مراعاتها فى تصميم أي طريق 33

5 -3 الاعتبارات الاساسية التى تتحكم في عملية التصميم 34

5-4 العوامل الرئيسية التي تتحكم في التخطيط 34

5-5 العوامل الاساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند انشاء طريق بين مدينتين.....36

6-5 الأسس التي تتحكم في عملية التصميم.....38

1-6-5 السرعة.....38

2-6-5 مسافة الرؤية.....41

3-6-5 مسافة الرؤية للتوقف.....41

4-6-5 مسافة الرؤية للتجاوز.....43

7-5 مكونات سطح الطريق.....46

1-7-5 عرض الطريق والمسارب.....46

2-7-5 ارصفة المشاة.....47

3-7-5 الاكتاف.....47

4-7-5 الجزيرة الوسطى.....48

5-7-5 الاطاريف.....48

1-5-7-5 الاطاريف الحاجزة.....49

2-5-7-5 الاطاريف الغاطسة.....49

6-7-5 الميول الجانبية.....50

7-7-5 الميول الطولية.....51

8-7-5 الميول العرضية.....52

الفصل السادس

التخطيط الأفقي والرأسي للطريق

6-1 مقدمة 53

6-2 القوة الطاردة المركزية 53

6-3 ارتفاع ظهر المنحنى 55

6-4 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات 56

6-4-1 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق 58

6-5 المنحنيات الأفقية 60

6-5-1 المنحنيات الافقية الدائرية 60

6-5-2 المنحنيات المتدرجة 64

6-6 مقدار الإزاحة في القوس الدائري 68

6-7 ملاحظات عامة عن التخطيط الافقي 72

6-8 التقاطعات على الطرق 74

6-8-1 انواع التقاطعات 74

6-8-1-1 التقاطع العادي البسيط 75

6-8-1-2 التقاطع الجرسي 77

6-8-1-3 التقاطع ذو القنوات 77

6-8-2 فوائد القنوات في التقاطع 78

6-8-3 عوامل وعناصر وخطوات تصميم التقاطعات.....78

6-9 التخطيط الراسي للطريق.....88

6-10 المنحنيات الراسية.....88

6-10-1 إشارة الميل وزاوية التدرج (Grade Angle).....89

6-11 عناصر المنحنى الراسي.....89

6-12 خواص القطع المكافئ البسيط.....90

6-13 المنحنيات الراسية الغير متماثلة.....92

6-14 الميول الراسية العظمى في الطريق.....93

6-14-1العوامل التي تتحكم بالميول الرأسية.....93

6-15 العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الراسي.....95

6-16 ملاحظات عامة في التصميم الراسي.....97

6-17 اعتبارات عامة في التخطيط الراسي.....98

الفصل السابع

Adjustment of the Traverse

7-1 Angular Misclousre.....99

7-2 Distance observations.....100

7-2-1 Sample of calculations.....100

7-3 Angle observations.....101

7-4 Azimuth Calculations 102

7-5 Calculation of coordinates the of traverse points 105

7-6 Liner Miscloser Error..... 107

7-7 Adjustment of departure and latitudes 107

الفصل الثامن

تصريف المياه على الطريق

8-1 مقدمة 109

8-2 أهمية تصريف المياه.....109

8-3 العوامل اللازم أخذها بعين الاعتبار عند تصريف مياه الطريق 111

8-4 أنواع صرف المياه.....111

8-4-1 الصرف السطحي.....111

8-4-2 الصرف المغطى.....113

8-5 العبارات.....113

8-5-1 بناء العبارة.....114

8-5-2 تهيئة أرض العبارة.....115

8-5-3 أجنحة العبارة.....115

8-6 الطمم فوق العبارة.....116

8-7 الأقنية الجانبية.....116

8-8 حماية الطريق.....116

الفصل التاسع

الإنارة على الطريق

9-1 إضاءة الطرق.....117
9-2 المواصفات العامة للإضاءة.....117
9-3 مواصفات المصابيح والفوانيس المستخدمة في الطرق.....118
9-4 أنواع المصابيح الرئيسية.....118
9-5 مواقع أعمدة الإنارة.....120
9-6 ترتيب الأعمدة على الطريق.....120
9-7 زيادة تباعد أعمدة الإنارة.....122
9-8 خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق.....123

لفصل العاشر

الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

10-1 تجربة بروكتور (Proctor Test).....125
10-1-1 مقدمة.....125
10-1-2 الهدف.....125

10-1-3 تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test).....126
10-1-4 الأدوات المستخدمة.....126
10-1-5 خطوات العمل.....126
10-1-6 المعادلات الخاصة بالتجربة.....127
10-1-7 الحسابات والنتائج..... 128
10-2 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test).....132
10-2-1 مقدمة.....132
10-2- 2 الهدف.....132
10-2-3 الأدوات المستخدمة.....132
10-2-4 طريقة العمل.....133
10-2-5 الحسابات.....133
10-3 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة (base-course) 139
10-4 تجربة التدرج الحبيبي.....142
10-4-1 مقدمة.....142
10-4- 2 الهدف.....143
10-4-3 الأدوات المستخدمة.....143
10-4-4 طريقة العمل.....143
10-4-5 الحسابات.....144
10-4-6 النتائج.....144

10-5 الفحوصات على الخلطة الإسفلتية.....146
10-5-1 المقدمة.....146
10-5-2 فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي.....147
10-5-2-1 الهدف 147
10-5-3 طريقة الطرد المركزي.....147
10-5-3-1 الأدوات المستخدمة.....147
10-5-3-2 طريقة العمل.....148
10-5-3-3 الحسابات.....149
10-5-3-4 النتائج.....150
10-5-4 كثافة قوالب مارشال (الكثافة النوعية الفعلية) 151
10-5-4-1 الهدف.....151
10-5-4-2 الأدوات المستخدمة.....151
10-5-4-3 طريقة العمل.....152
10-5-4-4 الحسابات.....153
10-5-4-5 النتائج.....153

الفصل الحادى عشر

التصميم الإنشائى للطريق (Structural Design)

11-1 مقدمة.....155
11-2 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة..... 158
11-3 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO.....159
11-4 حساب الأوزان المحورية القياسية.....159
11- 5 الخلاصة.....173

الفصل الثاني عشر

حساب مساحات الحجوم لكميات الحفر والردم

12-1 المساحات.....174
12-1-1 طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية..... 177
12-2 حساب الحجوم والكميات.....181
12-2-1 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي.....182
12-3 الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين 182
12-3-2المقطع الأول حفر والآخر ردم.....183
12-3-3 المقطع الأول حفر والآخر مختلط أو (العكس).....184
12-3-4- المقطع الأول ردم والآخر مختلط (أو العكس) 185
12-3-5- المقطعان مختلطان 186

الفصل الثالث عشر

النتائج والتوصيات

13-1 النتائج والتوصيات.....190

فهرس الإشكال التوضيحية

الرقم	اسم الشكل	الصفحة
2-1	الفرق المساحية اللازمة لإنجاز مشروع ممار معين	8
2-2	قوة العلاقة بين مختلف الفرق العاملة في المشروع	9
2-3	الشعب الممثلة للفريق الهندسة المدنية	9
2-4	العاملون في فريق المساحة الأرضية	10
2-5	العاملون في فريق المساحة الجوية	11
2-6	العلاقة بين فرق الهندسة المختلفة المطلوبة في أعمال الطرق	13
5-1	مسافة الرؤية للتوقف الآمن	42
5-2	مسافة الرؤية للتجاوز	43
5-3	الأنواع المختلفة الاطاريف	50
5-4	السيول الطولية	52
6-1	تأثير القوة الطاردة المركزية	54
6-2	التوسعة اللازمة حسب حركة العجلات	57
6-3	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	58
6-4	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة	59
6-5	أنواع المنحنيات الدائرية	60
6-6	عناصر المنحنى الدائري البسيط	62
6-7	عناصر المنحنى الدائري المركب	63
6-8	عناصر المنحنى الدائري مكسور الظهر	63
6-9	المنحنيات العكسية	64
6-10	المنحنيات المتدرجة	65

11-6	المنحنى البيضوي (برتولي)	65
12-6	الكلوتويد	66
13-6	الازاحة في المنحنى الدائري	69
14-6	طريقة توقيع التوسيع للمنحنى	71
15-6	التقاطع البسيط(مسرب بعرض ثابت)	75
16-6	التقاطع البسيط(توسيع الطريق عند التقاطع)	76
17-6	ممرب كامل في وسط التقاطع	76
18-6	انعطاف دورة واحدة	77
19-6	انعطاف مزدوج	77
20-6	مسافة الرؤية على التقاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة	84
21-6	مسافة الرؤية على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق	86
22-6	أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات	87
23-6	أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع	88
24-6	فرق الميل أو زاوية الميل	89
25-6	عناصر المنحنى الراسي	90
26-6	منحنى راسي غير متماثل	92
27-6	القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل	94
28-6	منحنى راسي قاعي	96
1-8	مقطع عرضي يبين عملية صرف المياه عن الطريق	112
1-9	عناصر أعمدة الإضاءة على الطرق	120
2-9	ترتيب الأعمدة من جهة واحدة	121
3-9	توزيع الأعمدة على الجزيرة الوسطى	121
4-9	توزيع الأعمدة بشكل تعاقبي	122
5-9	توزيع الأعمدة بشكل تقابلي	122
1-10	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة الأساس	129
2-10	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة Base Course	131
3-10	كيفية تصحيح منحنى الغرز	134
4-10	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	136

5-10	العلاقة بين الكثافة الجافة وقيمة نسبة تحمل	138
6-10	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	140
7-10	العلاقة بين الكثافة الجافة وCBR	142
8-10	العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار	145
1-11	الرصفة المرنة تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	156
2-11	رصفة تلفورد	156
3-11	طبقات الرصف بالفرشيات	157
4-11	الرصفة القياسية لا تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	158
5-11	طبقات الرصفة المرنة	158
6-11	AASHTO flexible-pavement design	171
7-11	AASHTO flexible-pavement design	172
1-12	سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل	175
2-12	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من ثلاث نقاط	176
3-12	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من خمس نقاط	177
4-12	حساب المساحات بطريقة الإحداثيات	178
5-12	مقطع عرضي في منطقة ردم	180
6-12	المقطعان في منطقة ردم	182
7-12	مقطعين عرضين الأول حفر كامل والثاني مختلط	184
8-12	مقطعان عرضيان الأول ردم كامل والثاني مختلط	186
9-12	مقطعين عرضيين مختلطين	187

فهرس الجداول

الرقم	اسم الجدول	الصفحة
1-4	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الذي تدل	28
2-4	إشارات التحذير ومدلولاتها والتي ستستخدم على الشارع	28
3-4	إشارات الإرشاد ومدلولاتها والتي ستستخدم على الشارع	29
4-4	أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع	32
1-5	العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان	40
2-5	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	40
3-5	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	42
4-5	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	43
5-5	العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظم	44
6-5	تأثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف	45
7-5	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	50
8-5	الميول الجانبية للجسور حسب الارتفاعات	51
1-6	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	56
2-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	56
3-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية	71
4-6	نصف قطر منحنى دائري على تقاطع	80
5-6	الحد الأدنى لنصف قطر على المنحنى	81
6-6	الفرق الجبري بين الميلين	81
7-6	عرض المسرب على التقاطع	83
8-6	مسافة الرؤية للتوقف	83
9-6	مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها	85
10-6	الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة	93
11-6	القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية	94
1-7	Known control station	99
2-7	Distance observations	100
3-7	Angle observations	101
4-7	Unadjusted and adjusted azimuth of line	104
5-7	Unadjusted Coordinate of station	106
6-7	Adjusted Coordinate of station	108
1-8	نسبة امتصاص أنواع مختلفة من التربة للمتر المكعب الواحد	112
1-9	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	123
1-10	الكثافة الرطبة لطبقة (Sub-Base Course)	128

128	الكثافة الجافة لطبقة (Sub-Base Course)	2-10
130	الكثافة الرطبة لطبقة (Base Course)	3-10
130	الكثافة الجافة لطبقة (Base Course)	4-10
135	(CBR For sub-grade)	5-10
137	ملخص النتائج	6-10
137	الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورني للعينات	7-10
138	المواصفات المطلوبة لقيمة CBR لطبقات الطرق في فلسطين	8-10
139	CBR For base course	9-10
141	ملخص النتائج	10-10
141	قيم الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورني للعينات	11-10
144	التدرج الحبيبي	12-10
150	نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي	13-10
150	نسبة المار من كل منخل لحصمة المخلوط الإسفلتي	14-10
154	طول عينات الإسفلت الناتجة بعد عملية الدمك في جهاز مارشال	15-10
154	الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية	16-10
160	نسبة المركبات في المسرب الواحد	1-11
161	معامل النمو (Growth factor)	2-11
162	عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات	3-11
163	الأوزان المكافئة لأنواع المركبات	4-11
164	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية	5-11
166	نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة	6-11
167	قيمة المعامل المناخي(Regional Factor) حسب المناخ	7-11
168	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	8-11
169	معامل الطبقة (layer coefficient) للبسكورس	9-11
169	معامل الطبقة (layer coefficient) ل Sub base	10-11
173	سماكة طبقات الرصفة المرنة	11-11
178	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	1-12

فهرس المراجع للاشكال التوضيحية

الرقم	اسم الشكل	الصفحة	المرجع
1-5	مسافة الرؤية للتوقف الأمن	42	3
2-5	مسافة الرؤية للتجاوز	43	6
3-5	الأنواع المختلفة الاطاريف	50	10
4-5	الميول الطولية	52	10
1-6	تأثير القوة الطاردة المركزية	54	10
2-6	التوسعة اللازمة حسب حركة العجلات	57	5
3-6	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	58	7
4-6	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة	59	7
5-6	أنواع المنحنيات الدائرية	60	6
6-6	عناصر المنحنى الدائري البسيط	62	5
7-6	عناصر المنحنى الدائري المركب	63	5
8-6	عناصر المنحنى الدائري مكسور الظهر	63	5
9-6	المنحنيات العكسية	64	5
10-6	المنحنيات المتدرجة	65	5
11-6	المنحنى البيضوي (برنولي)	65	5
12-6	الكلوثويد	66	5
13-6	الازاحة في المنحنى الدائري	69	6
14-6	طريقة توقيع التوسيع للمنحنى	71	10
15-6	التقاطع البسيط(مسرب بعرض ثابت)	75	9
16-6	التقاطع البسيط(توسيع الطريق عند التقاطع)	76	9
17-6	مسرب كامل في وسط التقاطع	76	9
18-6	انعطاف دورة واحدة	77	9
19-6	انعطاف مزدوج	77	9
20-6	مسافة الرؤية على التقاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة	84	9
21-6	مسافة الرؤية على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق	86	9
22-6	أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات	87	9
23-6	أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع	88	9
24-6	فرق الميل أو زاوية الميل	89	9

25-6	عناصر المنحنى الراسي	90	3
26-6	منحنى راسي غير متماثل	92	5
27-6	القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل	94	5
28-6	منحنى راسي قاعي	96	3
1-8	مقطع عرضي يبين عملية صرف المياه عن الطريق	112	2
1-9	عناصر أعمدة الإضاءة على الطرق	120	4
2-9	ترتيب الأعمدة من جهة واحدة	121	4
3-9	توزيع الأعمدة على الجزيرة الوسطى	121	4
4-9	توزيع الأعمدة بشكل تعاقبي	122	4
5-9	توزيع الأعمدة بشكل تقابلي	122	4
1-11	الرصفة المرنة تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	156	3
2-11	رصفة تلفورد	156	3
3-11	طبقات الرصف بالفرشيات	157	3
4-11	الرصفة القياسية لا تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	158	3
5-11	طبقات الرصفة المرنة	158	3
6-11	AASHTO flexible-pavement design	171	11
7-11	AASHTO flexible-pavement design	172	11
1-12	سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل	175	8
2-12	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من ثلاث نقاط	176	8
3-12	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من خمس نقاط	177	8
4-12	حساب المساحات بطريقة الإحداثيات	178	8

فهرس المراجع للجداول

الرقم	اسم الجدول	الصفحة	المرجع
1-5	العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان	40	2
2-5	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	40	10
3-5	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	42	6
4-5	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	43	6
5-5	العلاقة بين السرعة والتسارع الاعظم	44	4
6-5	تاثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف	45	10
7-5	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	50	1
8-5	الميول الجانبية للجسور حسب الارتفاعات	51	1
1-6	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	56	4
2-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	56	3
3-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية	71	7
4-6	نصف قطر منحنى دائرى على تقاطع	80	7
5-6	الحد الأدنى لنصف قطر على المنحنى	81	7
6-6	الفرق الجبري بين الميلين	81	7
7-6	عرض المسرب على التقاطع	83	9
8-6	مسافة الرؤية للتوقف	83	9
9-6	مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها	85	9
10-6	الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة	93	6
11-6	القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية	94	6
1-8	نسبة امتصاص أنواع مختلفة من التربة للمتر المكعب الواحد	112	2
1-9	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	123	4
1-11	نسبة المركبات في المسرب الواحد	160	11
2-11	معامل النمو (Growth factor)	161	11
5-11	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية	164	11
7-11	قيمة المعامل المناخي(Regional Factor) حسب المناخ	167	11
8-11	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	168	11
9-11	معامل الطبقة (layer coefficient) للبسكورس	169	11
10-11	معامل الطبقة (layer coefficient) ل Sub base	169	11

الملاحق

الملحق رقم (1)حساب المنحنيات الافقية والعكسية..... ...191

الملحق رقم (2)حساب المنحنيات الراسية .... .192

الملحق رقم (3)الجدول الزمني..... 193

الفصل الأول

المقدمة

1-1 نظرة عامة

يعالج علم الطرق موضوع مسح المنطقة المنوي فتح الطريق فيها، ودراسة المنطقة طبوغرافيا وجيولوجيا، و إعداد التصاميم ودراسة المواد وخواصها سواءا 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 الى 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.

وبداية يجب تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية حتى يمكن تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والأموال المتاحة. وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتى مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح.

ويبين علم الطرق أسس تخطيط الطرق حيث يطلق لفظ التخطيط عادة على عملية اختيار وتوقيع محور مسار الطريق على الطبيعة. والتخطيط الأفقي يشمل الأجزاء الأفقية (المماس) والأجزاء المنحنية (منحنيات أفقية). أما التخطيط الرأسي فيشمل الانحدارات والمنحنيات الرأسية.

وأخيراً لابد من تحديد تفاصيل العلامات والخطوط وإشارات المرور إن وجدت وغيرها من مقاييس التحكم في المرور. ويمكن الوصول إلى طريق لا يسبب حوادث ويحقق الانسياب السلس بجعل جميع عناصر الطريق تتمشى مع توقعات السائقين بتجنب التغيرات المفاجئة في مواصفات التصميم.

2-1 نبذة تاريخية عن الطرق

لا يعرف تاريخ محدد لنشوء الطرق، ولكن مع توطن البشر واستئناسهم للحيوانات قبل نحو 9000 عام كانت المسارات التي سلكها الناس بحيواناتهم هي أول طرق سير عرفتها البشرية، وقد أخذ مسار المشاة والحيوانات مسارا متعرجا ليخدم الملكيات الخاصة المتناثرة.

ويعود تاريخ الطرق الحديثة إلى اليوم الذي اخترع 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 الرافدين، وقام المصريون بإنشاء طريق يصل النيل بالاهرامات، ثم أتى البابليون وبنوا شبكة مهمة من الطرق تصل العاصمة بالمناطق المحيطة بها، وكانوا أول من استخدم الإسفلت (القار) كمادة من مواد إنشاء الطرق. إلا أن الفضل في إنشاء الطرق يعود للرومان حوالي 4000 ق.م . فقد أنشأوا شبكة ضخمة من الطرق تتكون من 29 طريقا رئيسيا يصل مجموع أطوالها إلى 80 ألف كلم، والتي أنشأت لأغراض عسكرية حيث كانت تنطلق على شكل طرق شعاعية من عاصمتهم روما إلى جميع أنحاء الإمبراطورية الرومانية.

وفي نفس الوقت تقريبا(400 ق.م) تطور إنشاء الطرق في انجلترا، حيث قام كل من المهندسين تلفورد و ماكآدم من تطوير أساليب مشابهة لإنشاء الطرق، حيث استخدم تلفورد أحجارا كبيرة كقاعدة للطريق وغطاها بأحجار اصغر كسطح للطرق، أما ماكآدم فاستخدم أحجارا صغيرة لكامل أجزاء الطريق، وهذا النوع مازال مستخدما إلى اليوم في إنشاء الطرق ويحمل اسمه.

ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي أنشأت آلاف الكيلومترات من الطرق التي أخذت بعين الاعتبار تصريف المياه والتأسيس على أرضية صلبة، كما أن اختراع الإطارات المطاطية بدلا من المعدنية من قبل العالم دنلوب 1888م ساعد على تغطية الطرق بالإسفلت مع بداية القرن العشرين مما زاد من مستوى الراحة والسرعة وتقليل الضوضاء، كما أن محرك الاحتراق الداخلي بواسطة العالمين بنز و دملر 1886م ادخل ثورة في عالم الطرق والدخول في عصر السيارات.

1-3فكرة المشروع:

لقد تبلورت لدينا فكرة تصميم شارع عسقلان – وادي نزار والذي يخدم عدد لا بأس به من المواطنين ، هذا الشارع غير معبد ولا يحتوي على البنية التحتية من كهرباء وماء أو شبكة صحية وهو غير مطابق لأدنى المواصفات الهندسية والفنية، كما أن الطريق بحاجة الى توسيع حيث أن الطريق بوضعه الحالي لا يخدم المواطنين بالشكل المطلوب ، وقد لاحظنا أثناء القيام بالمسح الميداني للطريق تذمر بعض المواطنين من أصحاب المنازل المقامة على جانبي الطريق.

و نهدف من وراء هذا العمل القيام بوضع تصميم نموذجي لهذا الطريق(من وجهة النظر المساحية)، والاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق من حيث التخطيط الأفقي، والتخطيط الرأسي، ويشمل الرفع الجانبي للطريق (Superelevation)، والتوسيع على المنحنيات (widening) والمنحنيات الانتقالية، وكذلك عمل الميول الجانبية والأفنية الجانبية لتصريف مياه الأمطار، ويشمل عمل العبارات المناسبة في المناطق الملائمة أيضا، ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصف والأكتاف والأطاريف وأرصفة المشاة والجزر الوسطية وإشارات المرور.

1-4 أهمية المشروع:

مما لا شكّ فيه أن الهدف من وراء إنشاء الطرق حسب المواصفات الهندسية هو خدمة الناس وتسهيل حركتهم لقضاء حاجاتهم و وصل المناطق ببعضها فيلاحظ البعض أن طريق عسقلان –

وادي نزار يخدم عدد لا بأس به من المواطنين, بالإضافة إلى أن امتداد هذا الشارع يصل مدينة دوار ببلدة دير سامت, مما يسهل التواصل بين هذه المناطق .

يكتسب هذا الطريق أهميته لعدة أسباب، من أهمها من وجهة نظرنا أنه في حال تم تصميم الشارع سوف يتم إحياء المنطقة نظراً لنفور المواطنين بسبب التضاريس الصعبة مع أن المنطقة قريبة من مركز المدينة (دورا).

5-1 طريقة البحث:

- القيام بتحديد موضوع البحث (تصميم شارع عسقلان / وادي نزار) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية دورا.
- القيام بزيارة ميدانية (استطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من اجل الحصول على أفضل النتائج.
- البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في المشروع.
- القيام بتنفيذ العمل الميداني مع مسح للشارع ورفع التفاصيل من اجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم. وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع مغلق (Traverse) ومعالجته من الأخطاء باستخدام Adjustment by COMPASS ROULE وذلك من اجل دقة العمل المساحي.
- القيام بزيارة لبلدية دورا من اجل 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 مراعياً الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة مع مراعاة مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.

بعد الإنهاء من المقدمة وتسليمها ومناقشتها يتم الاستمرار في عملية التصميم و بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة المتبعة في جامعة بوليتكنك فلسطين.

6-1 هيكلية المشروع:

تم بالتشاور بين فريق عمل المشروع والمشرف على وضع هيكلية للبحث تراعي قدر الإمكان تغطية كاملة لما يحتاجه أي طريق من أعمال مساحية لازمة لتصميمها وكانت كمايلي:

- **الفصل الأول**: المقدمة يشمل نظرة عامة، نبذة تاريخية، فكرة المشروع، أهمية المشروع، طريقة البحث، هيكلية البحث، الدراسات السابقة.
- **الفصل الثاني**: الفرق الهندسية اللازمة لتصميم الطريق.
- **الفصل الثالث**: يتحدث عن تخطيط الطريق والأعمال المساحية المتعلقة بمسار الطريق ، والعوامل التي تتحكم في تخطيط الطريق.
- **الفصل الرابع**: يتحدث عن معرفة وتحديد حجم السير وتعداد للمركبات وأنواع التعداد على الطريق ووسائل إجرائه وتحديد فترات التعداد وتحديد حجم السير الحالي والمستقبلي.
- **الفصل الخامس**: التصميم الهندسي ومسافة الرؤية والتوقف وعلامات واشارات المرور والإضاءة على الطريق.
- **الفصل السادس**: التصميم الأفقي والرأسي للطريق وتصميم المنحنيات الأفقية والمتدرجة والميول العرضية، وتصميم المنحنيات الرأسية والعناصر الأساسية للمنحنى الرأسي والميول الرأسية في الطرق.
- **الفصل السابع**: يتحدث عن طريقة تصحيح المضلع بطريقة (Compass Roule).
- **الفصل الثامن**: التصميم الإنشائي للطريق.
- **الفصل التاسع**: الإنارة على الطريق(ويشمل أنواع المصابيح المستخدمة على الطريق وطريقة توزيعها على الطريق)
- **الفصل العاشر**: حساب كميات الحفر والردم اللازمة لتنفيذ المشروع.
- **الفصل الحادي عشر**: تصريف المياه السطحية والعبارات.
- **الفصل الثاني عشر** : النتائج والتوصيات.

7-1 العوائق والصعوبات:

١. الظروف السياسية السائدة في المنطقة .
٢. صعوبة الحصول على المعلومات أثناء عملية جمع المعلومات .

٣. مرور الطريق من أراضي زراعية وإحالة المواطنين دون العمل المساحي .
٤. عدم توفر الأجهزة بالشكل المطلوب.

1-8 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة:

١. Total Station
٢. AutoCAD
٣. Soft desk
٤. Mass2

1-9 الدراسات السابقة:

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

عرف تاريخ الطرق في مدينة دورا منذ القرن العشرين . وكانت أولى الطرق المعبدة التي تصلح لسير المركبات عليها في دورا الشارع الرئيسي (دوراسنجر إلى الخليل)، ومنها بدأ الاهتمام بتصميم شوارع المدينة، وبلغ عدد شوارع مدينة دورا حتى عام(2006)تقريبا (200)شارع ونسبة للشوارع المعبدة 36%. ويبلغ مجموع أطول للشوارع المعبدة تقريبا (100) كم.

وبشكل عام يلاحظ ضعف التخطيط والتصميم والصيانة الدورية لشبكة الشوارع في المدينة، وهذا ناتج عن انعدام 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 الثاني

الفرق الهندسية المصممة للطريق

2 - 1 مقدمة:-

إن الاختيار السليم لخطوط المسارات للطريق يحتاج إلى قدراً هائل من المعلومات و البيانات حول العديد من الجوانب و التي منها الطبوغرافية للموقع و الوضع الجيولوجي للمنطقة و الجوانب الهيدرولوجية و استعمالات الأرض في المنطقة المراد تصميم الطريق فيها وميكانيكا التربة و خصائصها و قدرة تحملها للطريق و للمركبات فلذلك لابد من عمل مساحي متنوع و دقيق وفعال لتلبية حاجات المشروع من المعلومات و البيانات التالية:

1. تساهم في الإختيار 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. تحديد مسار الطريق ((Grade Lines .

وبما أن الغرض المطلوب و المرجو من شق الطريق يختلف من طريق إلى آخر فإن دقة المعلومات و البيانات المساحية المطلوبة تختلف من طريق إلى آخر، 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 و هي:

1. **الغرض من العمل المساحي** (Purpose of Survey) .
2. طبوغرافية منطقة المشروع (Type of Topography) .
3. كثافة التفاصيل **واستعمالات الأراضي** (Intensity of Land Uses) .
4. الاعتبارات الاقتصادية ((Economic Considerations .

ونتيجة الكم الهائل من المعلومات المطلوبة واعتبارات الدقة **و** السرعة في الإنجاز فإنها تستوجب جميعها أن يكون هناك فريق عمل رئيسي يدقق ويوجه وينسق أعمال الفرق الأخرى التي يهتم كل منها بمجال محدد طيلة فترة مراحل المشروع التصميمية **و** التنفيذية، **والشكل** (2-1) التالي يبين الفريق الرئيسي و الفرق التابعة له و التي غالبا ما يتطلبها أي مشروع نهدف من ورائه تحقيق إنجاز معين بمواصفات عالية.

الشكل (2-1) **الفرق المساحي اللازم** لإنجاز مشروع مسار معين

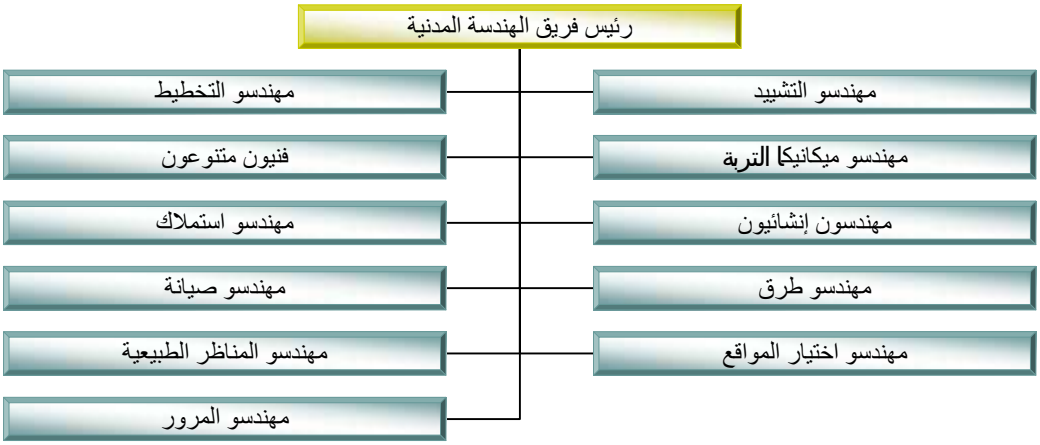
لا يتطلب الإنجاز الجيد للمشروع توفير الكوادر الفنية و الأجهزة و المواد فحسب بل تتطلب إيجاد أسس للاتصال و التعاون بين الفرق من ناحية **معرفة مستلزمات الفرق** الأخرى و توثيق المعلومات بشكل جيد و مدروس حتى يسهل عملية الرجوع لها في أي وقت و الشكل (2-2) يبين حجم العلاقة التي تربط كل فريق بالفرق الأخرى بشكل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

الشكل (2-2) قوة العلاقة بين مختلف الفرق العاملة في المشروع

2-2 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 واختيار المواقع و الصيانة و التصميم الإنشائي و الإستملاك والتنفيذ الإنشائي و غيرها الكثير.

يلازم هذا الفريق الهام فريق آخر يحتوي على الفنيين في مجالات إنشاء الجسور و وأعمال الحفريات و الفرشيات و الخلطات الإسفلتية و الصيانة و المرور .....**الخ** ، حيث أنه إذا أردنا تقسيم هذا الفريق فإنها ناتجة عن الشعب التالية و الموضحة في الشكل (2-3).



الشكل(2-3) الشعب الممثلة للفريق الهندسة المدنية

3-2 فريق المساحة الأرضية:

لا يمكن الاستغناء 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 الجيوسيا والطبوغرافيا إضافة إلى مساحين وفنيين ذوي خبرة واسعة و للشكل (2-4)يمثل المستويات للعاملين ضمن هذا الفريق

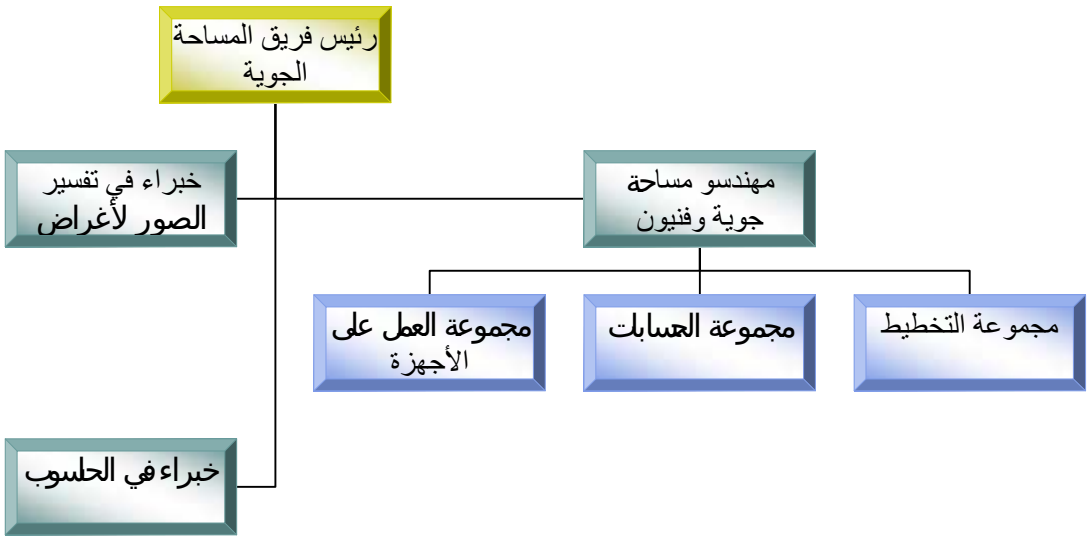
للشكل (2-4) العاملون في فريق المساحة الأرضية

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

4-2 فريق المساحة الجوية:

يشتمل هذا الفريق على مهندسين و فنيين في مجالات تفسير الصور لغايات متعددة (زراعية وجيولوجية ومرور وصيانة .....الخ) وعمل مخططات وخرائط طبوغرافية متنوعة من خلال الصور الجوية وأجهزة المساحة الجوية وحساب الإحداثيات و الأبعاد ومعالجة البيانات باستخدام

الحاسب حيث يرأس هذا الفريق مهندس مساحة جوية، **و الشكل** (2-5) يمثل العاملون في فريق المساحة الجوية



الشكل (2-5) العاملون في فريق المساحة الجوية

2-5 العلاقة بين الفرق الهندسية المختلفة:

2-5-1 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.

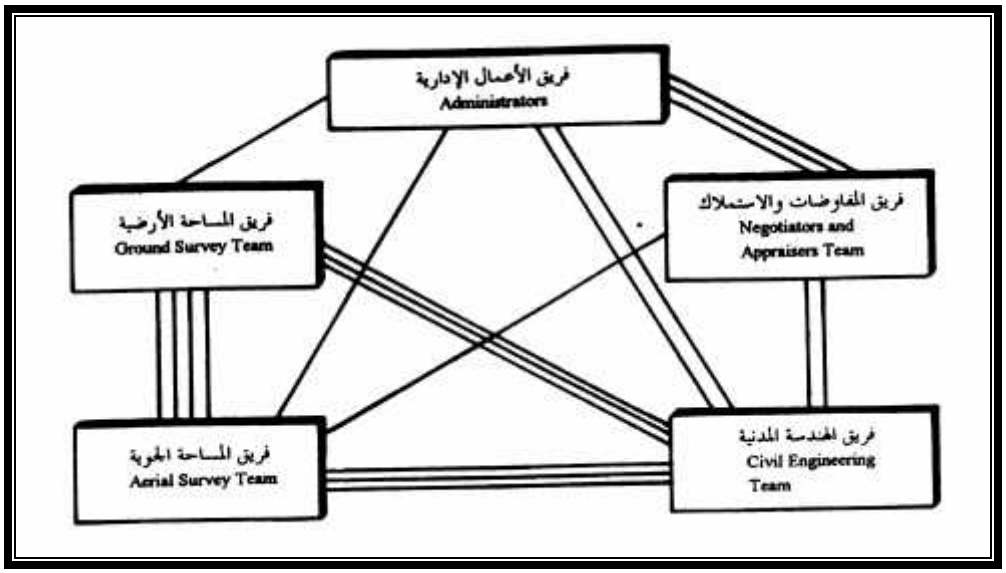
٢-5-2 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وفريق هندسة المساحة الجوية:

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

٣-5-2 العلاقة بين فريق المساحة الأرضية وفريق المساحة الجوية :

لعله من الواضح لدينا من الشكل السابق ذكره 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 أنة المسؤول عن تزويد فريق المساحة الجوية بنقاط الربط اللازمة (Control Point) وهو أيضا القادر على الوصول والرصد داخل الغابات و المناطق السكنية المزدحمة 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 (2-6) يوضح العلاقة بين فرق الهندسة **المختلفة المطلوبة في أعمال الطرق**

الفصل الثالث

الأعمال المساحية

3-1 مقدمة:

بعد أن يتقرر فتح طريق بين مدينتين أو يتقرر تحسين طريق موجودة تجرى دراسة لمعرفة حجم السير الحالي إن وجد ودراسة الأهداف والغايات من وراء إعادة تأهيل الطريق وتحديد درجة ومستوى الطريق المطلوبة، أي يتم تحديد سرعة السيارات عليها وعدد مساربها وأنصاف أقطار منحنياتها الأفقية وأطوال منحنياتها الرأسية وميول سطحها وغير ذلك.

تشتمل الأعمال المساحية التي تتطلبها دراسة طريق معين على المراحل الرئيسية التالية:

- دراسة المخططات.
- أعمال استطلاعية.
- أعمال مساحية أولية.
- المساحة التفصيلية.
- أعمال مساحية نهائية ودقيقة محددة.

3- 2 دراسة المخططات:

بعد الرجوع إلى كافة المؤسسات التي من الممكن الحصول منها على أي مخططات تشمل الطريق موضوع البحث لم نجد لديهم أي مخططات تشمل الطريق(كما ورد ذلك في الدراسات السابقة).

3-3 الأعمال الاستطلاعية (Reconnasssance Studies):

الغاية منه تحديد مسار أو أكثر يحقق غايات و أهداف الطريق ويتم هذا بالقيام بجولات استطلاعية من قبل أعضاء الفريق المساحي باستخدام المركبات المناسبة حسب أهمية الطريق وطبيعة المنطقة، بالإضافة الى السير على الإقدام ومن المساعد والمهم جدا اصطحاب الخرائط المتوفرة للمنطقة الذي من شأنه أن يعين في البحث على الطبيعة عن ألاماكن المناسبة لإمرار الطريق منها والمفاضلة بين خيار وأخر.

هنالك أمور عديدة يجب أخذها بعين الاعتبار في هذه المرحلة منها الأهمية الاقتصادية للطريق، الخدمات التي يقدمها الطريق أو يساهم في تطويرها، ميول الأرض التي سيمر منها الطريق بالإضافة الى المعلومات الفنية يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة وربما أيضا من التقارير الفنية والبيانات الإحصائية المتعددة التي قد تتوفر عن منطقة المشروع والمشاريع المشابه أو المجاورة.

اختصارا وتسهيلا وزيادة في فعالية مرحلة الأعمال الاستطلاعية هذه، يلجأ المهندسون المصممون عادة الى البحث عن كل ما يتوفر من خرائط وصور جوية وتقارير ومعلومات حول المنطقة المراد إمرار الطريق إليها، وإذا لم تتوفر المخططات أو الصور الجوية فانه يتم اقتراح المسارات أثناء عملية الاستكشاف والسير المباشر على المنطقة مع الاستعانة بالطرق الموجودة أو مسارب المشاة.

يراعى عند اقتراح المسارات مايلي:

١- تأثير المسارات على المجتمع إجتماعيا وإقتصاديا وبيئيا.
٢- محاولة جعل طول المسار أقصر ما يمكن.
٣- أن تسير المسارات على المناطق السهلية وتنساب مع خطوط الكنتور ويجب تجنب أبار المياه والأنهار وقدر الإمكان تجنب تقطيع الأشجار وهدم البيوت وإتلاف المناطق السياحية مع تقليل الانحدار قدر الإمكان.
٤- تأثير الطريق على الشوارع الأخرى أي مدى إرتباط الطريق الجديدة للطرق الموجودة فعلا.
٥- مراعاة التقاطعات مع الطرق الأخرى.

هذا وقد قمنا بزيارة الموقع وعمل مسح استطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها، كما تعرفنا على الانحدارات في الشارع، وأماكن تجمع المياه وذلك لمعرفة ألاماكن التي نحتاج إلى عبارات عندها.

3-4 مرحلة الدراسة المساحية الأولية (Preliminary Survey) :

في بداية هذه المرحلة يقوم الفريق المساحي بعمل مضلع يكشف قدر الإمكان كل نقاط الطريق المقترح حيث أن الهدف من وراء عمل مضلع يكشف نقاط الطريق هو تعيين إحداثيات وبالتالي مواقع نقاط جديدة إنطلاقا من وإستنادا إلى شبكة نقاط قديمة معلومة الإحداثيات بدقه كشبكة المثلثات أو المسح المثلثي، بهذا تساهم أعمال المضلعات في تكثيف شبكات النقاط المعلومة ومن ثم يسهل ربط أعمال المساحة الأخرى بشبكة الإحداثيات العامة للدولة.

يجب أن تكون دقة وشمولية العمل المساحي بحيث تسمح لتعيين أو إختيار محور الطريق الأفضل الذي يمكن أن يمر من خلال كل مسار من أجل تحقيق ذلك يجري عادة قياس وحساب وتصحيح الإحداثيات لكافة نقاط المضلع.

يتم بعد ذلك دراسة المخططات الطبوغرافية التي رسمت من الواقع ويتم تعديل المسارات حتى يتم التوصل الى أنسب مسار يحقق أفضل الشروط.

وقد قمنا بتنفيذ الأعمال التالية:

1- عمل مضلع (link traverse) للطريق، يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتي الإحداثيات.
2- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وغيرها من التفاصيل.
3- اخذ مقاطع عرضية للطريق عند كل تغير وذلك لحساب كميات الحفر والردم من اجل التوسيع في الطريق.

5-3 المساحة التفصيلية:

بعد إجراء المسح المبدئي يمكن اختيار المسار النهائي المفضل حيث يتم توقيع محور المسار ثم بعد ذلك تتم جميع العمليات المساحية التفصيلية اللازمة لتوقيع وتخطيط هذا الطريق وذلك بوضع أوتاد خشبية وزوايا حديدية على محور الطريق على مسافات متقاربة 30متر أو اقل وخاصة في مناطق المنحنيات أو الانحدارات وفي جميع الأحوال تحدد مواقع المجاري المائية والوديان بتفاصيل كاملة ولمسافات كبيرة على جانبي المسار، بعد جمع البيانات الهيدرولوجية يتم رسم الخرائط التفصيلية وعموما يجب الحصول على جميع المعلومات اللازمة لعمل دراسة كاملة للمسار المقترح للطريق

6-3 مرحلة الأعمال المساحية النهائية:

بعد أن يتم إنجاز المخططات الأولية يصبح بوسع الفريق المصمم من إستخدام هذه المخططات والمعلومات المساحية المختلفة في دراسة مختلف المسارات الممكنة بهدف إختيار المسار الأمثل أو الأفضل.

تتضمن هذه الدراسة عادة رسم المقاطع الطولية لعدة مسارات لغايات تقدير كمية الأعمال الترابية من حفر وردم، تحديد مواقع الجسور والعبارات... الخ. كذلك لابد للفريق المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية والفنية التي تسهل عملية إختيار مسار الطريق.

الفصل الرابع

حجم وإشارات المرور

4-1 مقدمة:

قبل البدء بتصميم الطريق يجب اخذ حجم المرور و كثافته على ذلك الطريق بعين الاعتبار. فإذا كان الطريق مصمم على ارض 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 انه 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 الانحدارات و سعة الطريق وتصميم سمك الرصف وغيرها من الأمور.

يُعرف حجم السير بأنه عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال فتره 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 اجل تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.

2-4 الهدف من دراسة حجم المركبات:

١. تصميم الطريق المراد إنشاؤه.
٢. التنبؤ بعدد السيارات في المستقبل.
٣. لا بد من عمل تعدادا للمركبات في ظروف مختلفة.

3-4 تعداد المركبات:

إن معرفة حجم السير يتطلب القيام بإحصاء عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة، ولا بد من إجراء التعداد على مدار ساعات النهار وعلى مدار الأيام خلال العام الواحد، حيث أن عدد المركبات يختلف من ساعة إلى أخرى، ومن يوم إلى آخر ومن شهر إلى آخر، وهذا يؤثر على التصميم الهندسي للطريق، والهدف من وراء التعداد هو التوصل إلى المعلومات التالية:

١. عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من اجل تحديد ساعات وأيام الإزدحام.
٢. المعدل اليومي للسير (Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام .
٣. مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال أيام السنة مقسوما على عدد أيام السنة (Annual Average Daily Traffic).
٤. عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume)، حيث أن 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 الانحدارات و سعة الطريق وتصميم سمك الرصف وغيرها من الأمور.
٥. تحديد حركة المركبات عند التقاطعات.

4-4 أنواع التعداد على الطريق:

عند القيام بعملية التعداد للمركبات يجب الأخذ بعين الاعتبار التصنيف التالي في العد:

- تعداد عام يجري على الطريق.
- تعداد يجري على التقاطعات.
- تعداد تصنيفي، حيث يتم تحديد أنواع المركبات أثناء عدها.
- تعداد اتجاهي يحدد اتجاه حركة المركبات من اجل تحديد حاجة التقاطعات إلى إشارات ووسائل تنظيم السير.
- تعداد للمشاة.

4-5طرق إجراء التعداد:

إن طرق ووسائل تعداد المركبات عديدة ولكل منها مساوئ وميزات ونذكر منها :

- **العد اليدوي**

هنا يقوم فريق العمل بتسجيل عدد المركبات التي تمر على الطريق وذلك على فترات مختلفة من الزمن، وفي الوقت ذاته يقوم بتصنيف السيارات إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة. وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة والدقة، ولكنها بالمقابل تحتاج إلى فريق عمل كبير

- **العد الآلي (لميكانيكي):**

ويتم ذلك باستخدام أجهزة مختلفة منها أجهزة التصوير والرادار. وتمتاز هذه الطريقة بأنها غير مكلفة، ولكن هذه الأجهزة لا تستطيع تصنيف المركبات إلى أنواع وتحتاج إلى صيانة مستمرة.

❖ **العد بطريقة المشاهد المتحرك:**

وهي عبارة عن شخص يقوم بالعد أثناء تحركه في سيارة تسير مع السيارات حيث تسبق بعضها وتقوم البعض بتجاوزها ويتم عد السيارات باتجاه سيارة المشاهد وعد السيارات المقابلة لسيارة المشاهد ومن ثم تستخدم معادلة إحصائية لإيجاد عدد السيارات الكلي.

❖ **العد بطريقة المشاهد المتحرك:**

وهو شخص يقوم بالعد أثناء تحركه في سيارة تسير مع السيارات حيث تسبق بعضها وتقوم البعض بتجاوزها ويتم عد السيارات باتجاه سيارة المشاهد وعد السيارات المقابلة لسيارة المشاهد ومن ثم تستخدم معادلة إحصائية لإيجاد عدد السيارات الكلي.

6-4 مكان انطلاق السير ووجهته النهائية:

لا يمكن تصميم أي طريقة على أسس علمية صحيحة دون القيام بمسح لنقطة الانطلاق والوجهة ، إن مثل هذا المسح ينير لنا الطريق ويحدد للمصممين سلوك الناس وأماكن التقاطعات ومناطق التجمعات وأماكن الخدمات اللازمة وأماكن الوقوف والتحميل ومحطات القطارات والمطارات وغير ذلك ويتم في هذا النوع عدة طرق من المسح:

أ- المقابلة: حيث يتم توقيف السيارات وسؤال ركابها أسئلة محددة عن مكان انطلاقهم ووجهتهم والهدف من الرحلة وعدد المرات التي يكررون فيها هذه الرحلة.

ب- رقم تسجيل السيارة: حيث يتم وضع محطات مسح متعددة على طول المنطقة ويقوم كل فريق بتسجيل رقم السيارة التي تمر من المحطة والوقت الذي مرت فيه

والهدف من التعداد هو التوصل للمعلومات التالية :

١- تحديد المعدل اليومي للمرور Average Daily Traffic (ADT) وهو مجموع المركبات التي تمر عند نقطة معينة خلال عدد من الأيام مقسوما على عدد تلك الأيام.

٢- تحديد معدل السير اليومي على مدار السنة (AADT) Annual Average Daily Traffic وهو مجموع عدد المركبات التي تمر عند نقطة معينة خلال السنة مقسوما على عدد أيام الستة.

٣ - تحديد العدد المناسب من المركبات التي سيتم اعتماده واستعماله في تصميم الطريق ويسمى(DHV) Design Hourly Volume فالطريق لا تصمم على أساس السير اليومي أو . معدل السير السنوي ولكن تصميم الطريق من حيث المنحنيات والانحدارات فانه يتطلب التعرف على ساعات الازدحام .

4-7فترات التعداد (الدولم):

من المهم القيام بتعداد المركبات على فترات مختلفة وذلك من اجل الحصول على معلومات دقيقة يتم على أساسها التصميم. ويتم اختيار الساعة كحد أدنى لفترة التعداد باستثناء التقاطعات، وبالامكان اتخاذ الفترات التالية للتعداد:

- ❖ تعداد في ساعات الإزدحام.
- ❖ تعداد في ساعات مختلفة من اليوم.
- ❖ تعداد لفترة يوم كامل.
- ❖ تعداد لفترة أسبوع.
- ❖ تعداد لعدة اشهر.
- ❖ تعداد في أيام العطل.
- ❖ تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.

4-8 السير الحالي والمستقبلي:

من الطبيعي أن حجم السير غير ثابت بل يزداد يوما بعد يوم، وعند تصميم للطريق يجب أن يؤخذ حجم السير المستقبلي على الطريق أثناء تصميم الطريق، وذلك حتى يستوعب الطريق حجم السير الحالي والمستقبلي. لذلك فان السير المستعمل لتصميم الطريق يتكون من العناصر التالية:

- ❖ السير الحالي: ويتم الحصول عليه بإجراء تعداد على الطريق أو بتعداد حجم السير على الطرق المؤدية إلى الطريق المراد تصميمه.
- ❖ الزيادة الطبيعية في عدد السيارات (Peak Factor) الناتجة عن زيادة عدد السكان وزيادة استخدام المركبات بالإضافة إلى الزيادة الناتجة في تطور البلد.
- ❖ السير المتطور: يتولد هذا السير من التحسين في المنطقة حيث يتم الاستفادة من الأراضي في استعمالات جديدة كالزراعة والسياحة والصناعة.

ملاحظة:

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

4-9 عمر الطريق:

إن جميع العوامل من زيادة حجم السكان وحجم السير تدل على انه لا يمكن تخطيط وتصميم الطريق بناء على حجم السير الحالي وإنما يتم التصميم بناءً على عمر مستقبلي للطريق مثلا 10 أو15 أو 20 عاما ليستوعب حجم المرور خلال هذه الفترة، وبعدها تصبح الطريق غير ملائمة وبحاجة إلى إعادة تأهيل.

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

10-4 تحليل المعلومات حول حجم السير:

إن حجم السير الحالي، وما يطرأ عليه من زيادة هو الذي يحدد مقدار التوسيع لعرض الطريق. وحجم السير المتوقع خلال فترة التصميم أمر مهم في عملية تصميم الطريق حيث إن مقدار التوسعة للطريق تعتمد على حجم المرور المتوقع خلال فترة التصميم. ويستخدم معدل السير اليومي (A.D.T) في التصميم ولكن هذا المعدل يختلف من وقت لآخر .

إن أقصى حجم للسير يكون خلال ساعات الإزدحام في فصل الصيف ويبلغ ضعفي حجم السير خلال معظم ساعات السنة، ولذلك فان تصميم الطريق بناء على اكبر حجم للمرور يتطلب تكاليف عالية ولا يشترط الالتزام به.

و تتم عملية تعداد ا لمركبات خلال ساعات مختلفة وفي أيام مختلفة وتحديد ساعات الإزدحام ومن خلال ذلك يتم حساب عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم(Design Hour Volume) (D.H.V) ، ومن الجدير ذكره انه لكي يتم تحديد قيمة هذا المعامل لا بد من معرفة عدد المركبات في الساعة الواحدة والذي يساوي مجموع عدد المركبات خلال ساعات التعداد مقسوم على عدد ساعات التعداد .

وإذا لم تتوفر معلومات دقيقة عن ساعات الذروة (D.H.V) فإنه من الممكن اعتبار حجم السير للتصميم يساوي نسبة من معدل المرور اليومي(K).

$$D.H.V = K*(A.D.T)$$

Where K= Constant between (0.12 – 0.24)

ومعدل المرور اليومي المستخدم لحساب (D.H.V) هو معدل المرور المتوقع مستقبلا والذي بالعادة يؤخذ ما بين ٢٠-٢٥ سنة مضروبا بمعامل الزيادة والذي يساوي 2.5 . وقيمة K تأخذ عادة 16.

يجب الأخذ بعين الاعتبار كيفية حساب معدل المركبات المستخدم في التصميم وذلك بالتعويض عن أنواع المركبات بما يقابلها من مركبات صغيرة (عدد السيارات الصغيرة *١ ، عدد الحافلات *٢.٥ ، عدد الشحن * ٣) . وبناء على اختيار حجم السير المناسب فانه يجري تحديد عرض الطريق، وسرعة السيارات عليها وغير ذلك.

من اجل تصميم أي طريق ليستوعب حجم المرور الحالي والمستقبلي على مدار 20 سنة، ولحساب عدد المسارب لاستيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي خلال فترة زمنية (20 سنة)، يتم ضرب معدل المرور اليومي الحالي في معامل الزيادة (Peak Factor =2.5) .

ولحساب عدد المركبات المستخدم في التصميم يتم التعويض عن أنواع المركبات بما يقابلها من مركبات صغيرة (عدد السيارات الصغيرة *1، عدد الباصات *2.5، عدد الشحن * 3).
عدد المركبات = (السيارات الصغيرة + 2.5* الباصات + 3* الشحن) .

4-11 إشارات المرور:

الهدف من الإشارات: تستعمل الإشارة لتوصيل المعلومات للسائق أو الماشي، وتتألف من لوحات رسم عليها أسهم أو كلمات أو الاثنان معا، بحيث تكون المعلومات واضحة وتناسب حالة السير ونوع الطريق.

4-11-1 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:

١. إشارات التحذير: كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر وتكون هذه الإشارة مثلثة الشكل.
٢. إشارات الأوامر: حيث إن هذه الإشارة تعطي الأوامر إلى السائق مثل أمر قف، تمهل، وغيرها من الأوامر وهذه الإشارة تكون مستديرة الشكل.
٣. إشارات المنع: مثل ممنوع المرور، ممنوع التجاوز، وهي مستديرة الشكل.
٤. إشارات التعليمات (التوجيه): وهي تعطي التعليمات إلى السائق مثل استراحة، مكان وقوف، وهذه تكون مربعة أو مستطيلة الشكل.

4-11-2 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 طبقا للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق. وحتى يتحقق ذلك فانه لا بد من الانتباه إلى الأمور الرئيسية التالية في الإشارة وهي:

١. أبعاد الإشارة: كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة كلما تحسنت رؤية السائق لها.
٢. تباين الألوان في الإشارة: إن التباين ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها، وهذا التباين يتحقق باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعات مختلفة.
٣. الشكل: يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من اجله.
٤. الكتابة: تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل هي نوع الكتابة، حجم الأحرف، وسماكة الخط، والمسافات بين الكلمات والأسطر وعرض الهامش.

4-11-3 موقع الإشارة:

يجب أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون أن تضطره إلى صرف انتباهه عن الطريق كما يجب أن توضع الإشارة قبل مسافة كافية من المكان الذي تشير إليه، وان 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 ٤٥متر من الموقع المراد والجداول التالية توضح بعض إشكال الإشارات.

.

جدول (4-1) 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 والقطع (متر)	45	90	150	220	300

جدول(4-2) إشارات التحذير ومدلولاتها

إشارات التحذير	مدلول الإشارة
	مفترق تقاطع طرق.
	مفترق تفرع طرق إلى اليسار.
	مفترق تفرع طرق إلى اليمين.
	مفترق تفرع طرق أمامك(تفرع T).
	مفترقات تفرع نحو اليسار ومن ثم نحو اليمين.
	انعطاف حاد نحو اليسار.

انعطاف حاد نحو اليمين.	
أمامك ممر عبور للمشاة.	
أولاد بالقرب من المكان.	

جدول(4-3) إشارات الإرشاد ومدلولاتها

مدلول الإشارة	إشارات الإرشاد
ممنوع الانعطاف نحو اليسار.	
ممنوع الانعطاف نحو اليمين.	
ممنوع الانعطاف نحو اليمين بقصد السفر نحو الجهة المضادة.	
ممنوع الانعطاف نحو اليسار بقصد السفر نحو الجهة المضادة.	

	قف! أعطي حق الأولوية لحركة السير على الطريق المقابلة.
	قف! (إشارة طرق متنقلة).

4-11-4 علامات المرور على الطريق (Traffic Marking):

4-11-4-1 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:

١. تحديد المسارب وتقسيمها.
٢. منع التجاوز.
٣. فصل السير الذاهب عن القادم.
٤. منع الوقوف أو التوقف.
٥. تحديد أماكن عبور المشاة.
٦. تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
٧. تحديد مواقف السيارات.
٨. تعيين الاتجاهات باسهم (يمينا، يسارا) لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.
٩. تحديد جانبي الطريق.
١٠. إعطاء تعليمات ومعلومات إلى السائق مثل اتجه إلى اليمين ، توقف ، وغير ذلك .

4-11-4-2 الشروط الواجب توفرها في علامات المرور:

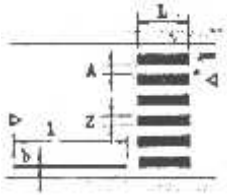
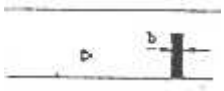
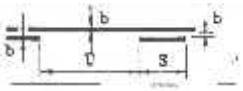
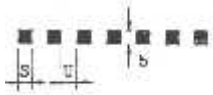
إن هذه العلامات تنظم حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم ، هذا ويراعى في هذه العلامات الأمور التالية :

١. أن تكون صالحة للرؤية في الليل والنهار وواضحة في كافة الأوقات والظروف .
٢. أن تتوافق فيها الألوان.
٣. أن تكون من مواد تعمر طويلا وتقاوم التزحلق.
٤. أن تكون تعليماتها سهلة الفهم ومرئية من مسافة كافية.

4-11-4-3 أنواع علامات المرور:

١. الخطوط: تكون الخطوط بعرض 10 سم وهي متصلة أو متقطعة، أما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب وفصل السير في الاتجاهين، 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.
٢. الكلمات: تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو اتجه يمينا، وغير ذلك. ويجب أن تكون الكلمات كبيرة ومناسبة ليتسنى قراءتها، ولا تزيد عن كلمة أو كلمتين، كما يجب أن تكون الأحرف مناسبة لموقع السائق.
٣. الأسهم: تستعمل الأسهم إما بدلا من الكلمات لتحديد الاتجاهات أو مع الكلمات كسهم يتجه إلى اليمين مع كلمة إلى اليمين.
٤. اللون: يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات إلا انه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الشارع.
٥. 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 (4-4) أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع

type	Marking	Thickness 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	٠.٣/0.3 0.5/0.5	On secondary roads when meeting with main roads.

الفصل الخامس

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

5-1 مقدمة

يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق أو الشارع ولذلك يجب أن يغطي هذا التصميم الانحدارات 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.

5-2 الأمور الواجب مراعاتها عند تصميم أي طريق:

- ❖ أن يؤدي الطريق إلى قيادة آمنة للسيارات والسائق.
- ❖ أن يكون التصميم متكاملا مع تجنب التغيرات المفاجأة على المنحنيات أو الانحدارات.
- ❖ أن يكون التصميم شاملا لجميع الوسائل الضرورية من علامات الإرشاد والتخطيط والإضاءة.
- ❖ أن يكون التصميم اقتصاديا بقدر الإمكان.

3-5 الاعتبارات الأساسية التي تتحكم في عملية التصميم:

- ❖ التجاوب مع الاحتياجات الحالية والانسجام والتكامل مع المتطلبات والمشاريع المستقبلية.
- ❖ الحاجة للطريق ومدى الاستفادة منها على المستوى الجماهيري.
- ❖ تحقيق متطلبات الراحة والجمال بشكل يتكامل مع غايات الطريق الأساسية.
- ❖ تلبية الاحتياجات المرورية لاستعمالات الأراضي المجاورة الحالية منها والمستقبلية.
- ❖ تحقيق الوفر الاقتصادي.
- ❖ تأمين السلامة العامة بأقصى درجة من الاعتبار في حالات السرعة والكثافة المرورية العالية.
- ❖ تحقيق مستوى الخدمات المطلوب للمرحلة الحالية مع أخذ المرحلة المستقبلية بعين الاعتبار.

4-5 العوامل الرئيسية التي تتحكم في التخطيط:

١- النقاط الحاكمة.
٢- حجم وتركيب المرور
٣- التصميم الهندسي للطريق.
٤- التكلفة.
٥- عوامل أخرى.

أما في حالة الطرق الجبلية فيجب أن تأخذ في الاعتبار بعض النقاط الإضافية مثل:

١- الاستقرار.
٢- الصرف الصحي.
٣- أسس التصميم الهندسي للطرق الجبلية.
٤- الارتفاع والانخفاض.

❖ القطا الحاكمة:

وهي النقاط الأساسية التي يمر بها مسار الطريق، وتقسم إلى قسمين:

١. نقاط يجب أن يمر بها الطريق:

وهذه قد تتسبب في زيادة طول المسار والمرور في مناطق صعبة، ومن أمثلة هذه النقاط: موقع جسر، مدينة متوسطة، ممر جبلي...الخ.

٢. نقاط يجب الابتعاد عنها:

وهذه المناطق يجب أن نبعد مسار الطريق عنها مثل مناطق العبادة، المدافن، المنشات الضخمة عالية التكاليف.

❖ حجم وتركيب المرور:

يجب أن يتمشى التخطيط مع حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا ولذلك يجب عمل دراسات مسحية تحدد الوجهة والمصدر وعمل دراسة عن المسار المرغوب لمعرفة اتجاه حركة المرور المتوقعة.

❖ التصميم الهندسي للطريق:

يجب أن يغطي التصميم الهندسي للطريق الانحدارات سواء الطولية أو العرضية والتخطيط الأفقي للمسار ومسافة الرؤية والتقاطعات وجميع تفاصيل القطاعات العرضية والطولية، ويجب أن نأخذ في عين الاعتبار ثلاث عوامل رئيسية حتى نحصل على درجة عالية من ألامان والسيولة وهي حجم المرور، سرعة المرور، و تركيب المرور.

ومن المفروض أن كل عمل هندسي يجب أن يستوفي الغرض الذي أنشأ من أجله بحيث يكون الاقتصاد عند التصميم. لذلك فعلى المهندس أن يأخذ في الاعتبار العوامل الأساسية التالية:

١. يجب أن يتمشى التصميم الهندسي مع حجم المرور المتوقع في المستقبل، وان يتمشى مع نوع
٢. المركبات المارة والسرعة التصميمية لها.
٣. يجب أن يؤدي التصميم إلى قيادة أمنة للسيارات ويعطي السائق انطباع بالأمان.
٤. يجب أن يكون التصميم متكاملا مع تجنب التغيرات المفاجأة كالانتقال الفجائي إلى المنحنيات الأفقية أو الانحدارات الراسية مع عدم وجود مدى رؤية مناسب.
٥. يجب أن يكون التصميم شاملا لجميع الوسائل الضرورية للتحكم في المرور مثل علامات الإرشاد
٦. وتخطيط الحارات والإضاءة الملائمة.
٧. يجب أن يكون التصميم اقتصاديا بقدر الامكان سواء تكاليف الإنشاء أو تكاليف الصيانة.

❖ **التكلفة:**

يجب أن يراعى عند تصميم واختيار مسار الطريق التكلفة الكلية للمشروع بحيث تكون قليلة ما أمكن ويراعى أن تشمل التكلفة تكلفة الصيانة وتكلفة تشغيل وحدات السير.

❖ **خامسا: عوامل أخرى:**

من العوامل الأخرى التي تحكم التخطيط في اختيار المسار هي عمليات الصرف وخاصة عند التخطيط الرأسي للمسار ويجب إن يأخذ في الاعتبار الصرف السطحي وكيفية التخلص من المياه بالإضافة إلى تحديد منسوب المياه الأرضية ومعدل التسرب ومنسوب مياه الفيضانات إن وجد.

5-5 العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند إنشاء طريق بين مدينتين:-

❖ **قوة الرياح واتجاهها:**

يجب إن يكون موقع الشارع في منطقة لا تتعرض للرياح الشديدة فيفضل إن لا يكون اتجاه الرياح مع أو عكس أو متعامدا مع اتجاه السير وهذا للتقليل من القوى الخارجية التي تؤثر سلبيا على سير المركبات وتوازنها.

☒ طبوغرافية المنطقة وثباتها الجيولوجي:

يجب إن يؤخذ بالاعتبار عند التخطيط وإنشاء الطرق العوائق الطبوغرافية حيث يجب الاختصار من طول الطريق ما أمكن والابتعاد أعمال الحفر والردم الكبيرة والمكلفة كذلك الاستفادة من أي مقلع أو مناطق تصلح تربتها لأعمال الردم والتأسيس كذلك يجب الابتعاد وتجنب أماكن الانهيارات الانزلاقات، و يجب إن تجرى الفحوصات والتجارب المخبرية للتربة التي تشمل فحص مقاومة التربة وطبيعة المواد المستخدمة وهذا يساعد في حساب السماكات الضرورية لطبقات التعبيد

.

☒ الهيدرولوجية:

يجب عمل استطلاع ميداني لجمع المعلومات عن كميات الأمطار ومناطق تكون السيول لاختيار الموقع المناسب للجسور والعبارات ويمكن الاستفادة من السكان المجاورين في اخذ المعلومات.

وبعد الاستطلاع الميداني تبين أن هناك مناطق تتجمع فيها المياه مشكلة للسيول وقمنا بحل هذه المشاكل من خلال عمل القنوات الجانبية المفتوحة وعمل العبارات في المناطق التي تحتاج إليها كما هي موضحة لاحقا.

☒ الأهمية الاقتصادية:

إن دراسة معدلات التطور المستقبلي للمنطقة من الناحية التجارية والصناعية والسياحية....إلخ له أهمية كبيرة في تصميم الطريق وتخطيطها من حيث نوعه ومستواه الفني ومحطات المرور فيجب إن تكون هذه الدراسات دقيقة مبنية على أسس علمية لكي تواكب متطلبات المستقبل حيث يمكن الحصول عليها من المؤسسات الحكومية المختصة.

☒ التوزيع السكاني وكثافته:

من أهم العوامل التي تحدد مسار ونوع الطريق هي أماكن تجمع السكان وتوزيعهم حيث إن من أهم الأهداف التي تنشأ من اجلها الطرق هي خدمة اكبر قطاع ممكن من السكان

لتسهيل تنقلهم بين ألاماكن المختلفة بأكبر قدر من ألامان واقل وقت ممكن، ويجب إن يصل الطريق إلى المناطق الخدمات العامة مثل المستشفيات والجامعات وأماكن سياحية.....الخ.

وكما ذكرنا في السابق أن منطقة المشروع ستكون المتنفس الوحيد للتوسع السكاني في منطقة دورا وهذا يعطي المشروع أهمية كبيرة.

☒ **أنواع السيارات المستخدمة على الطريق:**

تأتي أهمية هذا البند في تجنب سير المركبات الثقيلة بالقرب من ألاماكن السكانية تجنبا للضوضاء والإزعاج، كذلك يجب وضع خطوط خاصة ومستقلة لراكبي الدراجات وأخرى للعربات الجر الحيواني وأخرى للشاحنات بمعنى عام تمكن أهمية أنواع السيارات في عمل مسارب واتجاهات منفصلة لكل نوع.

6-5 الأسس التي تتحكم في عملية التصميم.

5 -6-1 السرعة .

تشكل السرعة عاملا هاما من العوامل التي تؤثر في عملية النقل، وتقاس قيمة الطريق بمقدار ما تقدمه من خدمات بسرعة وكفاءة وبأمان وبسعر اقتصادي.

تعتمد السرعة وتتأثر بعدة عوامل منها السائق، ودوافع السفر، والهدف من الرحلة، والسيارة، والطريق، وحالة الطقس، ووجود مركبات على الطريق، والقيود الطبيعية والقانونية، ومسافة الرؤية، والمنحنيات، والانحدارات، وعرض الرصفة، وخشونة السطح، ووجود التقاطعات، والأحوال البيئية وأحوال جانبي الطريق.

إن دراسة السرعة ودراسة أنواعها المختلفة وسماتها المتعددة أمر ضروري من اجل تحديد النزعات، ومن أجل تصميم الطريق، بالإضافة الى تصميم وسائل وإجراءات تنظم السير على الطريق، كالشاخصات بأنواعها المختلفة من شاخصات التحذير والمنع والإرشاد ومنع التجاوز

ومناطق تحديد السرعة وغير ذلك بالإضافة الى فوائد الدراسة في حوادث الطرق. وهناك أنواع متعددة من السرعات حيث يستعان بكل نوع من هذه الأنواع لغرض معين كمايلي:

السرعة التصميمية Design Speed:

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 اختيار السرعة التصميمية المناسبة على أساس درجة الطريق المخططة وخصائص التضاريس و حجم المرور والاعتبارات الاقتصادية.

☒ 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).

☒ 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.

جدول رقم (5-1) العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان

السرعة التصميمية كم/ساعة	سرعة الجريان كم/ساعة
50	45
60	53
70	61
80	68
90	75
100	81
110	88
120	94
130	100
140	106

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 اختيار السرعة التصميمية المناسبة على أساس درجة الطريق المخططة وخصائص التضاريس و حجم المرور والاعتبارات الاقتصادية

جدول رقم (5-2) السرعة التصميمية للطرق الحضرية

تصنيف الطريق	السرعة الدنيا	السرعة المرغوبة
طريق محلي(LOCAL)	30	50
طريق تجميعي(COLLECTOR)	50	60
شرياني – عام	80	100
-أقل اضطراب	70	90

-اضطراب ملموس	50	60
طـــريق سريع(Expressway)	90	120

5-6-2 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 أفقيا ورأسيا ، وجود الأبنية والأشجار ونوعية السيارات التي ستستعمل الطريق ، وحالة الطقس والإضاءة ، وارتفاع عين السائق عن سطح الطريق (أي علو السيارة) ، وارتفاع العوائق التي يراها السائق على الطريق .

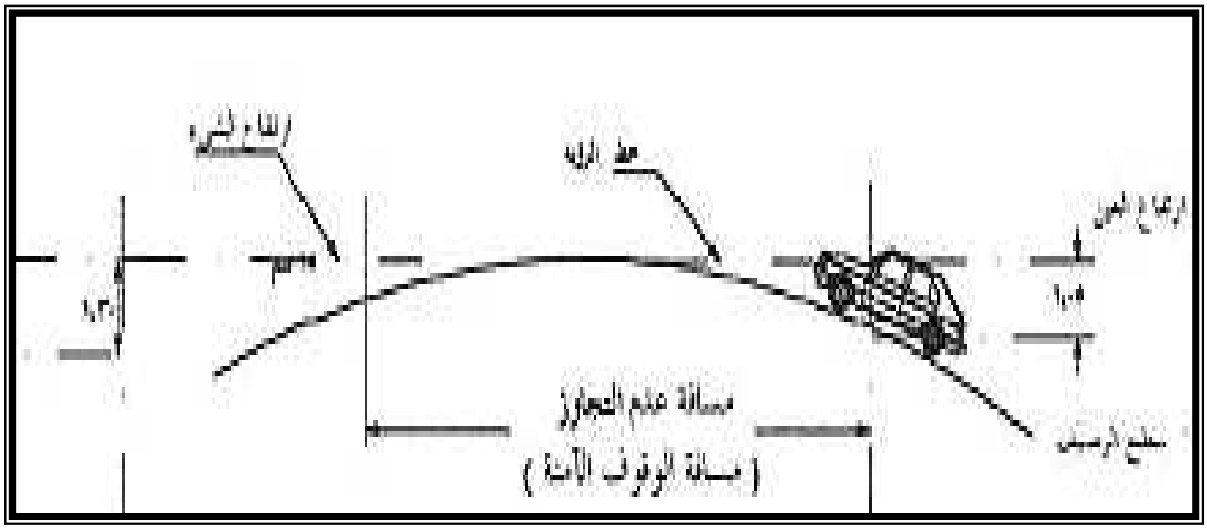
5-6-3 مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance) :

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 احتكاكيا. و من 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.

جدول رقم(5-3) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف

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



الشكل 5-1مسافة الرؤية للتوقف

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254\,f} \quad \text{.....5.1}$$

V:سرعة العربة (كم/ساعة)

f: معامل الاحتكاك

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية)

المعادلة (5-1) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة ب(2).

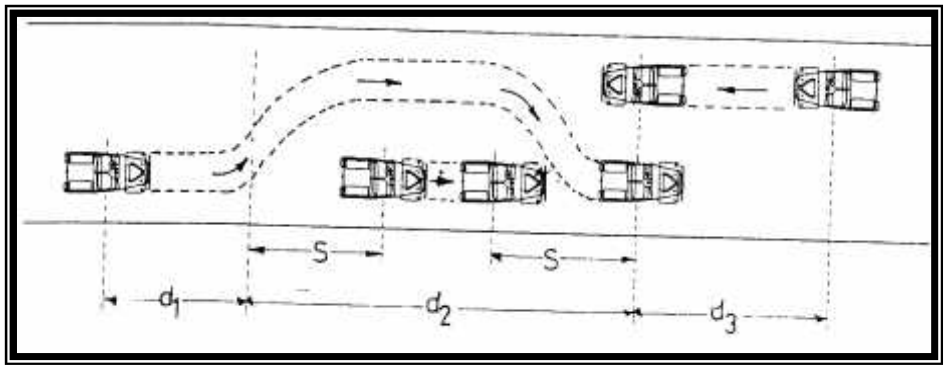
والجدول التالي يوضح معامل الاحتكاك بسرعات مختلفة

جدول (5-4) العلاقة بين السرعة و معامل الاحتكاك(f)

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

5-6-4 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 احتكاك بالسيارة التي يتخطاها ودون أن تعترضه أي عربة مضادة يحتمل ظهورها بعد أن يبدأ التجاوز ثم يعود إلى الحارة اليمنى بسهولة بعد عملية التجاوز. والشكل (5-2) يوضح ذلك.



الشكل 5-2مسافة الرؤية للتجاوز

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

$$OSD = d1 + d2 + d3 \quad \text{.....5.2}$$

$$OSD = 0.28Vb.t + .028VbT + 2S + 0.28V.T \quad \text{.....5.3}$$

$$T = \sqrt{\frac{14.4S}{A}} \quad \text{.....5.4}$$

$$S = 0.7Vb + 6 \quad \text{.....5.5}$$

حيث:

OSD: مسافة الرؤية للتجاوز.

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

d1 : المسافة التي تقطعها العربة في بداية الاستعداد للتخطية واحتلال الحارة الأخرى .

d2 : المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتخطية خلال فترة التخطية .

d3 : المسافة المقطوعة بالعربة القادمة من الاتجاه الآخر خلال فترة التخطية

Vb : سرعة السيارة المتجاوز عنها (كم/ساعة)

t : زمن رد الفعل (عادة يفترض ٢ ثانية)*.

V : سرعة السيارة المتجاوزة (كم/ساعة)

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

A : تسارع السيارة المتجاوزة (كم/ساعة.ثانية)

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

$$Vb = (V - 16) \quad \text{.....5.6}$$

حيث v :السرعة التصميمية (كم /ساعة).

جدول (5-5) العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظمي

التسارع الأعظمي		السرعة	
متر/ثانية.ثانية	كم/ساعة.ثانية	متر/ثانية	كم/ساعة
1.41	5.00	6.93	25
1.30	4.80	8.34	30

40	11.10	4.45	1.24
50	13.86	4	1.11
65	18	3.28	0.92
80	22.20	2.56	0.72
100	27.80	1.92	0.53

في المقطع الذي يحصل عليه التجاوز في الطريق فإن الحد الأدنى المطلوب لمسافة التجاوز هو $d_1+d_2+d_3$ في حالة وجود طريق من مسربين فقط وبدون جزر ، أما في حالة الفصل مع الإبقاء على مسربين فإن المسافة تصبح d_1+d_2 ، أما في حالة وجود أربعة مسارب فإنه لا حاجة لدراسة مسافة الرؤية للتجاوز حسب الجمعية الأمريكية لمسئولي الطرق والنقل بالولايات المتحدة (AASHTO).

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

جدول (5-6) تأثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف

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

- حسب ظروف التصميم

تصبح المعادلة (5.1)

$$S.D = 0.278vt + \frac{V^2}{254(f \pm N)} \quad \text{.....5.7}$$

حيث: N هي المجموع الجبري لميل مماسي المنحنى الرأسي.

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

5-7 مكونات سطح الطريق:

5-7-1 عرض الطريق والمسارب:

يلعب عرض مسرب المرور دورا كبيرا في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض الحارة عن 3م ويفضل أن يؤخذ 3.65 م . وفي حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة 3.75 م نظرا لمرور عربات النقل ونظرا للسرعة الكبيرة للعربات عموما.

بالإضافة الى المسارب الأساسية في الطريق هناك أنواع أخرى من المسارب مثل:

١. مسرب الصعود: وهو مسرب إضافي في الطريق يخصص للشاحنات التي تسير ببطء أثناء صعودها حتى يفسح المجال للسيارات التي خلفها لتجاوزها.
٢. مسرب التسارع: وهو مسرب جانبي تقوم السيارات بالتسارع فيه قبل الدخول الى الطريق الرئيسي بحيث تصبح سرعتها فيه مماثلة لسرعة السيارات في الطريق.
٣. مسرب التباطؤ: وهو مسرب جانبي تسلكه السيارات أثناء مغادرتها الطريق الرئيسي لتتمكن فيها من تخفيض سرعتها بدون أن تعرقل سير السيارات الموجودة في الطريق.
٤. مسارب الوقوف، والمسرب الأوسط اللازم للانعطاف يسارا أو لتجاوز السيارات. وهناك المسرب المساعد وهو مجاور للمسرب الرئيسي ويساعد على تصريف السير .

2-7-5 أرصفة المشاة:

تعتبر أرصفة المشاة جزءاً مكملاً لتصميم الشوارع في المدن ولكنها قلما تعتبر ضرورية في المناطق الخلوية. ويجب ألا يقل عرض الرصيف عن ١.٥متر ويعمل من مواد تعطي سطحاً ناعماً ومستوياً وسليماً. ويجب أن يكون سطح الرصيف الذي يسير عليه المشاة مساوياً في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصف المخصص للمركبات كي يغري المشاة بالسير عليه.

وعندما يكون رصيف المشاة قريباً من حافة الجزء المرصوف لمرور المركبات، يجب حمايته بأطاريف حاجزة وعند عدم استعمال أطاريف يجب أن تكون أرصفة المشاة بعيدة عن حافة الرصف المخصص للمركبات بثلاثة أمتار على الأقل.

3-7-5 الأكتاف:

بعد أن يتم تحديد ميل سطح الطريق وعدد المسارب فيها فإنه لابد من إكمال سطح الطريق بإدخال الأكتاف وتعريض سطح الطريق ليحتوي هذه الأكتاف. والأكتاف هي الجزء الواقع على جانبي الطريق. وقد توجد أكتاف على طرفي الطريق فقط أو توجد على جوانب الجزيرة الوسطى إذا كانت الطريق مقسمة الى اتجاهين يفصل بينهما جزيرة وسطى.

فوائد الأكتاف:

١. إيواء العربات المتوقفة وكذلك باستخدامها في حالة الطوارئ تستعمل الأكتاف كمواقف اضطرارية للسيارات التي تصيبها عطل ريثما يتم إصلاحها
٢. تستعمل الأكتاف لتوسيع الطريق في المستقبل.
٣. تستعمل الأكتاف لمنع انهيار جسم الطريق كما تصلح لوضع الإشارات عليها.
٤. تساعد الأكتاف على تصريف المياه عن سطح الطريق

ويتراوح عرض الكتف بين 1.25 م كحد ادنى و3.6 م كحد اقصى للطرق السريعة. ويجب أن تزود الاكتاف بميول عرضي لتصريف المياه ، حيث يعتمد ميل الكتف على نوعية مادة الكتف كما يعتمد على وجود اطاريف على جانبي الطريق .ويجب أن يزيد ميل الكتف عن ميل سطح الطريق بمقدار 1-2% وذلك من أجل تصريف المياه حيث يكون سطح الكتف غالبا اخشن من سطح الطريق ولهذا يحتاج الى ميل أكثر.

5-7-4 الجزيرة الوسطى:

تستخدم لفصل حركة المرور المعاكسة لتحقيق الامان والسلامة، وجميع الطرق الحديثة مزودة بجزر فاصلة وخاصة إذا كانت من اربع حارات او اكثر.

ويجب ان يكون عرض هذه الجزر كافي لتادية الغرض الذي من اجله انشات وخاصة لتقليل تاثير الاضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا هذا بالاضافة الى حماية العربات المعاكسة من التصادم ولامكان التحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات السطحية. ويتراوح عرض هذه الجزر بين (1.25-18)م او اكثر . وليس بالضرورة ان يكون هذا العرض ثابت على طول الطريق .

5-7-5 الأطاريف:

يتأثر السائقين كثيراً بنوع الاطاريف ومواقعها. وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به وتستخدم الاطاريف في تنظيم صرف المياه. ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق، كما تقوم الاطاريف غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الاطاريف بأنها بروز ظاهر أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيراً في الطرق المارة

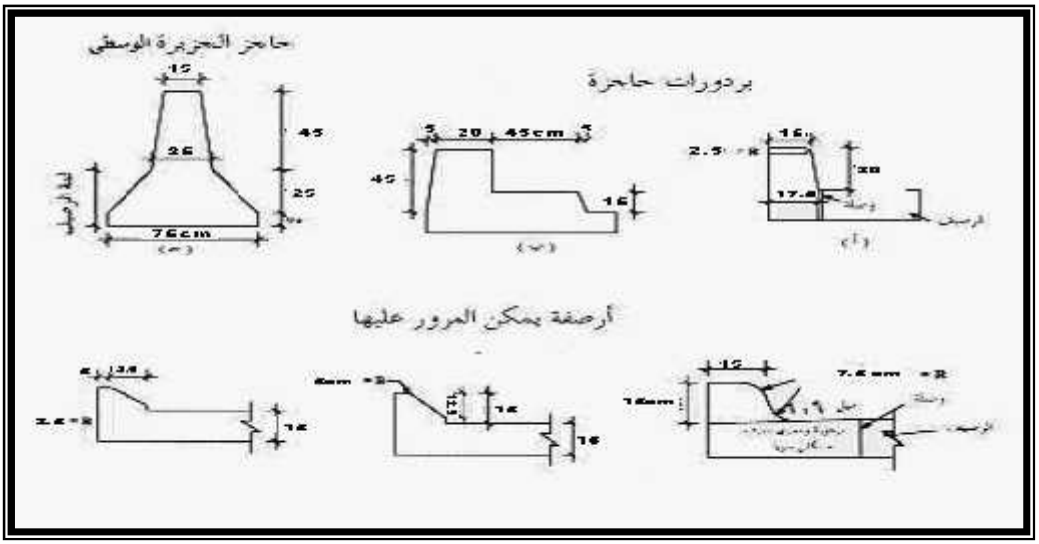
بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الاطاريف. وهناك نوعان رئيسيان من الاطاريف. كل منهما له عدة أشكال وتفصيلات تصميمية .

5-7-5-1 الأطاريف الحاجزة:

هي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبياً وهي مصممة لمنع السيارات أو على الأقل صرفها عن محاولة الخروج عن الرصف ويختلف ارتفاعها بين (15- 22.5) سم تقريبا ويستحب أن يكون الوجه مائلا ولكن على ألا يزيد ميل الوجه في الغالب عن حوالي 1سم لكل 3سم من الارتفاع وتعمل استدارة للركن العلوي بنصف قطر من 2 إلى 8سم وتستخدم الاطاريف الحاجزة فوق الكباري وتعمل وقاية حول الدعامات وأمام الحوائط أو بجوار الأشياء الأخرى لمنع اصطدام المركبات بها والاطاريف التي تستعمل عادة في الشوارع هي من النوع الحاجز وإذا كان من المتوقع أن تقف المركبات بموازاة البردورة فيجب ألا يزيد ارتفاعها عن عشرين سنتيمتراً حتى لا تحدث احتكاك برفارف المركبات وأبوابها . والقاعدة العامة أن تبعد الاطاريف الحاجزة مسافة 50 إلى 60 سم إلى خارج الحد الخارجي لطريق السير.

5-7-5-2 الأطاريف الغاطسة:

وهي مصممة بحيث يسهل على المركبات اجتيازها دون ارتجاج عنيف أو اختلال في القيادة ويختلف ارتفاع هذه الاطاريف من 10إلى 15سم وميل الوجه فيها 1:1 أو 1:2 وأغلب استعمال الاطاريف سهلة العبور هو في الجزيرة الوسطي وفي الحافة الداخلة في الاكتاف كما تستعمل في تحديد الشكل الخارجي لجزر التقسيم القنواتي في التقاطعات ويمكن أن تنشأ هذه الاطاريف ملاصقة لحافة الطريق المخصص للمركبات أو تبعد عنها قليلاً. ويوضح الشكل5-3 الأنواع المختلفة الاطاريف.



الشكل (5-3) أنواع الاطاريف.

5-7-6 الميول الجانبية:

إن آخر مرحلة من مراحل تصميم مقطع جسم الطريق هي عمل الميول الجانبية؛ أي تحديد إنحدار (ميلان) جانبي الطريق أي أن هذا الميلان له أثره على النواحي الأقتصادية ويتحكم في إنجراف جسم الطريق كما يؤثر على الصيانة وثبات التربة وتصريف المياه، وكلما كان الميل قليلا كلما كان جسم الطريق أكثر ثباتا، إلا أن ذلك يعني زيادة عرض الطريق بإزدياد ارتفاعها لذلك فإننا نلجأ إلى زيادة حدة ميل جانبي الطريق كلما زاد إرتفاع جسم الطريق حتى يبقى العرض الذي تحتله الطريق محصورا ضمن حرم الطريق.

جدول (5-7) الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة

نوع التربة	الميول الجانبية (أفقي: رأسي)
تربة عادية وتشمل الطين الجاف	١:١ – ١: ٢
تربة صخرية متماسكة	١: ٢- ١: ٤
صخر طري	١: ٤ – ١: ٨

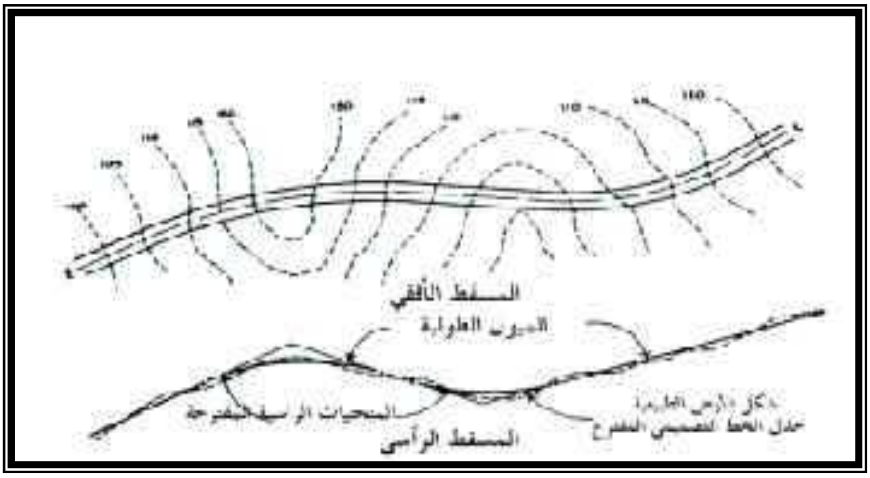
صخر متوسط	١: ١٢ – ١: ١٦

جدول (5-8) الميول الجانبية للجسور (للردم) حسب الارتفاعات

الارتفاع (متر)	الميول الجانبية للردم (أفقي: رأسي)	
	مرغوب	أقصى ميل
١-٠	١ : ٦	١ : ٤
٣-١	١ : ٤	١ : ٣
٥-٣	١ : ٣	١ : ٢
٥	١ : ٢	١ : ٢

5-7-7 الميول 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 بـ0.3 متر على الأقل ، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير **الضروري** .ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف **الأمطار** . ويوضح الشكل 5-4 الميول الطولية للطريق.



الشكل (5-4) الميول الطولية

5-7-8 الميول العرضية:

لتسهيل عملية صرف مياه الامطار 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 .

الفصل السادس

التخطيط الأفقي والرأسي

6-1 مقدمة :-

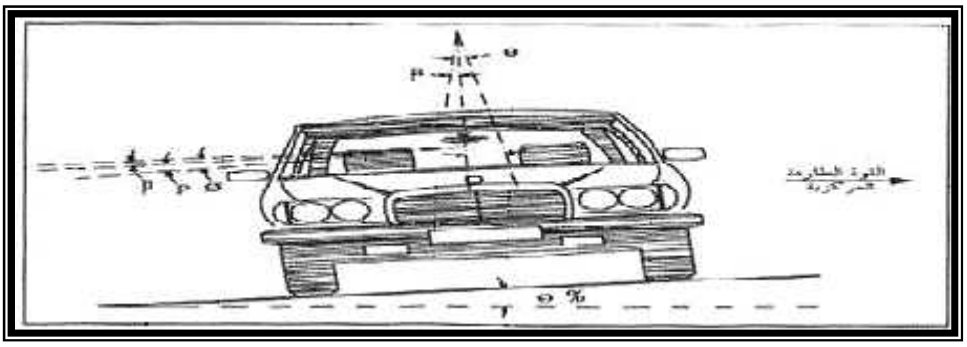
تعتبر مشاريع البنية التحتية من أهم المشاريع الحيوية في الدول المتقدمة و التي منها مشاريع الطرق و قنوات الري و خطوط وأنابيب المجاري و خطوط الكهرباء حيث يلجأ إلى التخطيط الأفقي وذلك لتفادي التغير المفاجئ في الاتجاه أو أو الانتقال من جزء مستقيم لمسافة طويلة إلى منحنى حاد وذلك بتوزيعه على كامل المنحنى أو على مجموعات المنحنيات التي ستربط كل جزأين مستقيمين متقاطعين Tangents. وتكون هذه المنحنيات عادة على شكل أقواس دائرية أو أقواس حلزونية, وتتميز الأقواس اللولبية بسهولة الانتقال التدريجي بين اتجاهين مستقيمين مختلفين أو بين خط مستقيم وآخر دائري .

6-2 القوة الطاردة المركزية:

إن انتقال المركبة من الجزء المستقيم إلى الجزء المنحني سوف يعرضها لحظة دخولها المنحنى إلى قوة طاردة مركزية قد تؤدي إلى قلب المركبة في بعض الأحيان كما هو موضح في شكل (6-1). حيث إن القوة الطاردة المركزية تتناسب تناسبا عكسيا مع نصف قطر المنحنى.

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من المالانهاية 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 أولا على الجزء المستقيم ذو نصف القطر الكبير جدا 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(6-1) تأثير القوة الطاردة المركزية

$$p = \frac{m \quad v^{2}}{R} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \qquad (6\text{-}1)$$

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.

3-6 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 تتسبب في انزلاق المركبة و قد 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:

$$e = \frac{V^2}{gR} \quad \text{.....} \qquad (6\text{-}2)$$

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

$$e + f = \frac{V^2}{gR} \quad \text{.....} \qquad (6\text{-}3)$$

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 (6-1):

جدول(6-1)قيم معامل الإحتكاك حسب السرعة التصميمية

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 ١ : ١٥ (٠,٠٦٧ لكل متر) ، كما أن الحد الأدنى يجب أن لا يقل عن الميل العرضي اللازم لصرف مياه الامطار.

6-4 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات:

يتم زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات حيث يتم زيادة الاتساع إما على الطرف الخارجي للمنحنى أو بتوزيعه على الطرفين الداخلي و الخارجي للمنحنى. والجدول(6-2) يوضح قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر

الجدول(6-2) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر

نصف قطر المنحنى(متر)	حتى 60	61-150	151-300	301-900	اكبر من900
التوسعة(متر)	1.2	0.9	0.6	0.3	-

من الأسباب التي تدفعنا لتنفيذ التوسعة على المنحنيات هي:

١ – عند المنحنى لا تتبع العجلات الخلفية العجلات الأمامية.
٢ – يزداد العرض مما يساعد على رؤية المركبة القادمة بسهولة.
٣- لا تلتصق السيارة تماما بالرصف على المنحنى.

لحساب مقدار التوسعة على المنحنيات نطبق العلاقة التالية:

$$w = \left[\left(\frac{nI^2}{2R}\right) + \left(\frac{V}{9.5\sqrt{R}}\right)\right] \quad \text{.....(6-4)}$$

حيث أن:

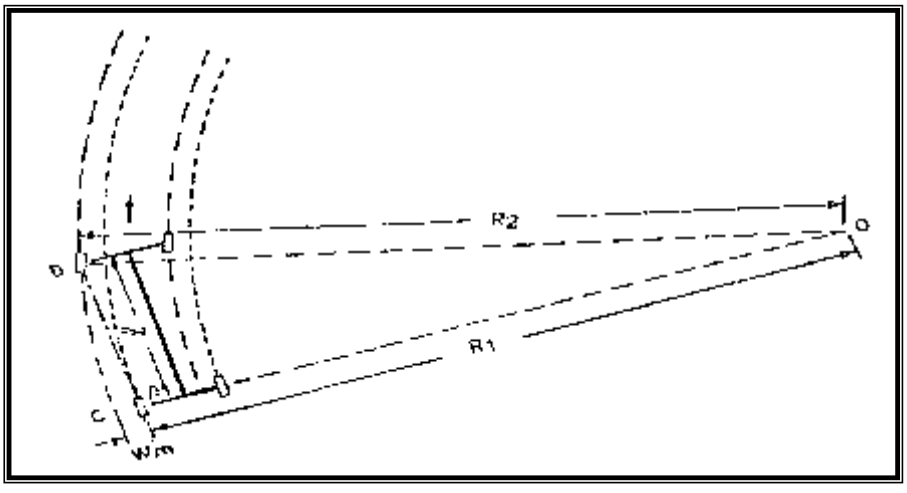
w : زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.

n : عدد الحارات.

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

V : السرعة التصميمية على المنحنى.

R : نصف قطر المنحنى.

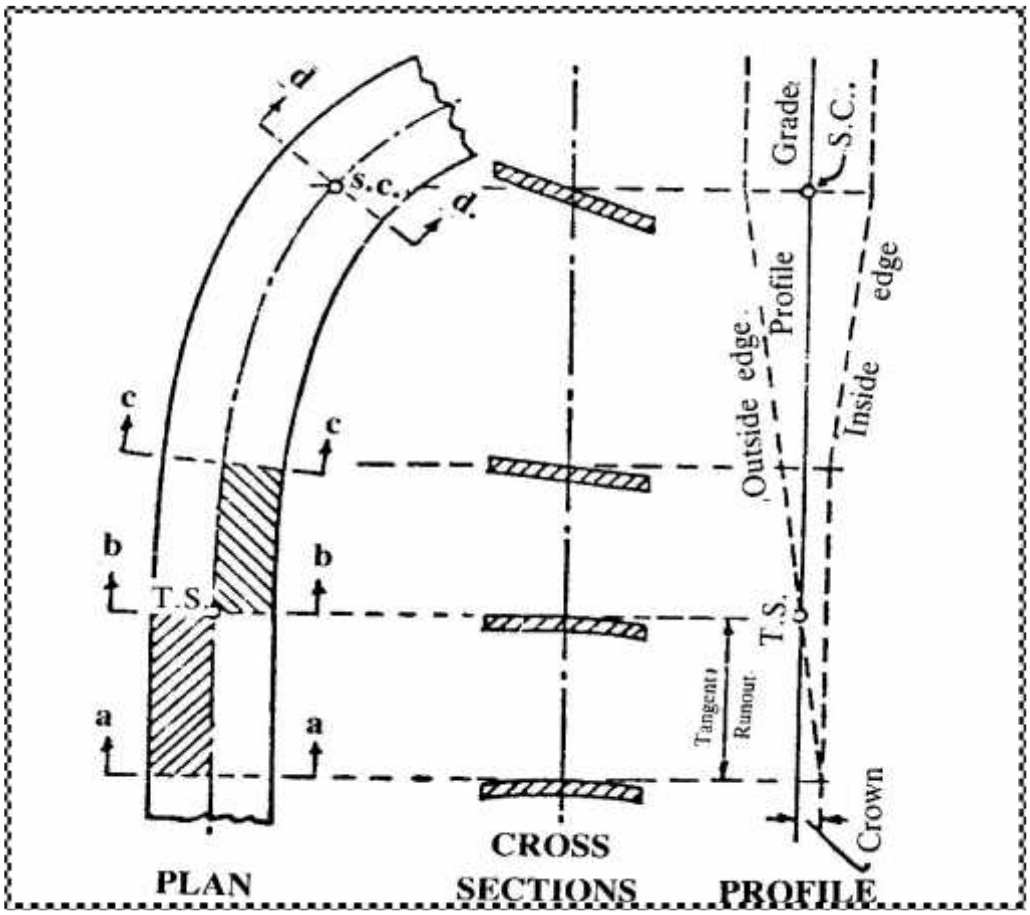


الشكل (6-2) التوسعة اللازمة حسب حركة العجلات

6-4-1 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق:

حيث يتم بإحدى الطرق الثلاث التاليلت:

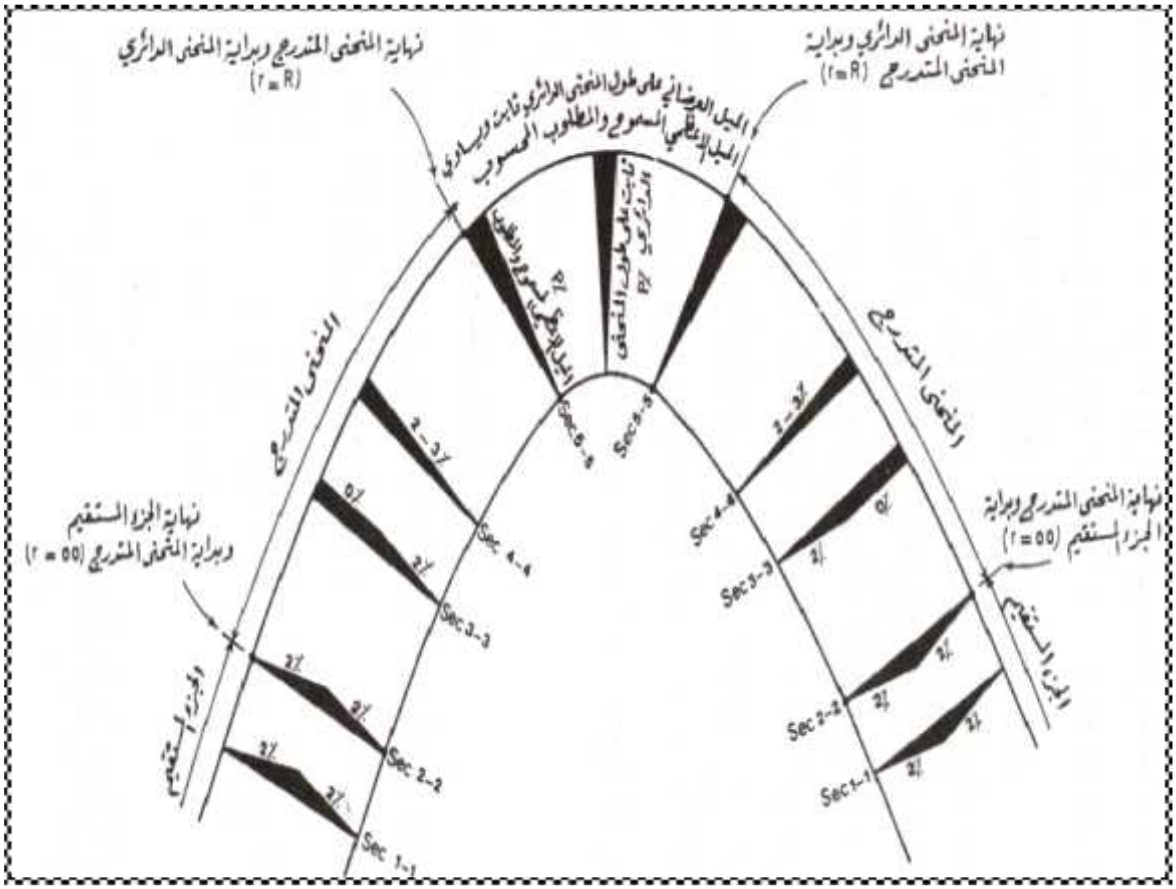
***الطريقة الأولى:** يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب، وعند الخروج من المنعطف يعود السطح بالدوران حول المحور حتى يعود سطح الطريق مائلا بالاتجاهين المتعاكسين بنسبة 2% .



الشكل (6- 3)كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور

***الطريقة الثانية:** يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى **الجانب الثاني ثابتا** حتى يصبح كامل سطح الطريق على استقامة 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 ارتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.

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



الشكل (6-4) التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية

6-5 المنحنيات الأفقية:

الهدف من استخدام 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**.

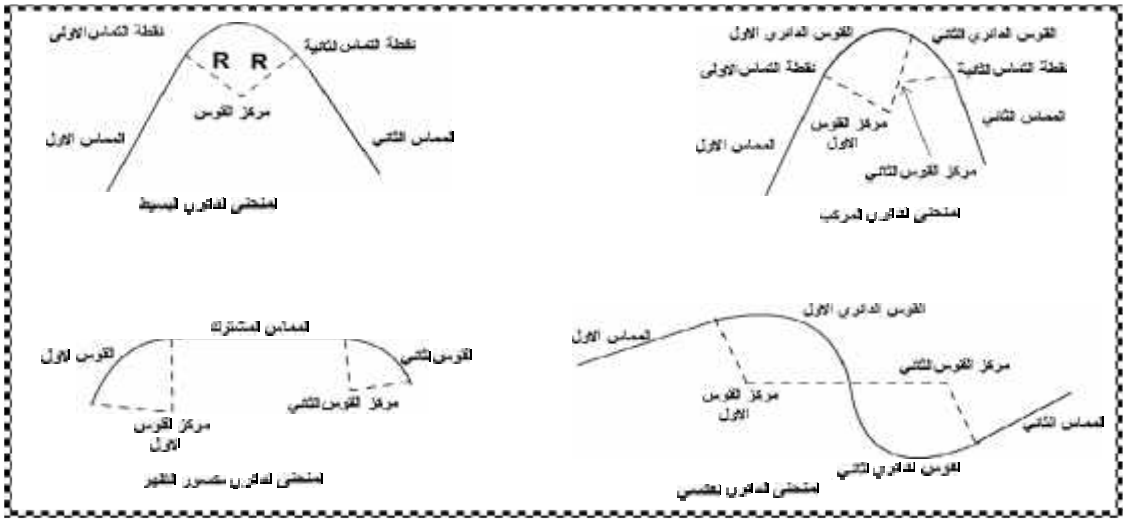
أنواع المنحنيات:

- المنحنيات الدائرية.
- المنحنيات المتدرجة.

6-5-1 المنحنيات الأفقية الدائرية:

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

تقسم المنحنيات الدائرية إلى أربعة أنواع كما هي في الشكل التالي:



الشكل(6-5) أنواع المنحنيات الدائرية

أولا: المنحنى الدائري البسيط:

هذا المنحنى عبارة عن جزء من دائرة ذات نصف قطر محدد وثابت، حيث يصل بين الخطين المستقيمين ولمختلفي الإتجاه في نقطتي الوصل، و بمعرفة نصف قطر المنحنى الدائري المراد تصميمه و معرفة زاوية انحراف المماسين (Δ) يمكن حساب عناصر المنحنى الدائري البسيط من العلاقات التالية:

$$L = \frac{®\Delta R}{180} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}5)$$

$$T = R\left(\tan\frac{\Delta}{2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}6)$$

$$M = R\left(1 - \cos\frac{\Delta}{2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}7)$$

$$E = R\left(\sec\frac{\Delta}{2} - 1 \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}8)$$

$$LC = 2R\left(\sin\frac{\Delta}{2} \right) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}9)$$

حيث أن:

T: طول المماس.

E: المسافة الخارجية.

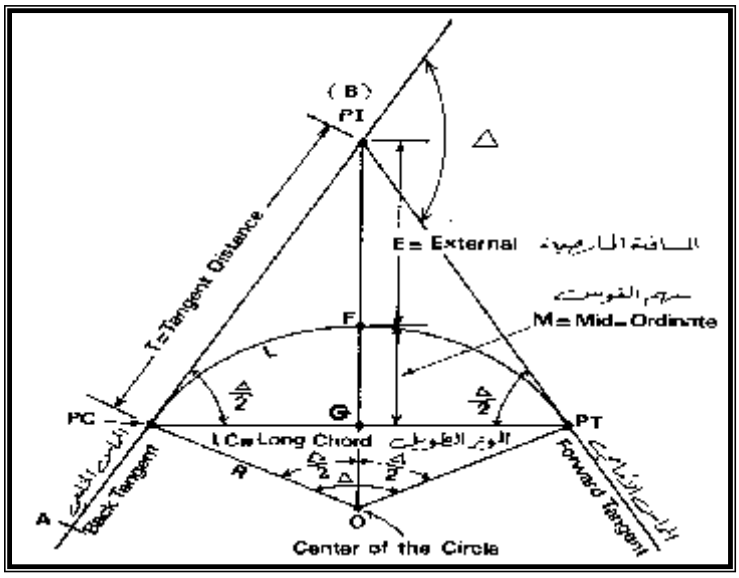
M: سهم القوس .

LC: الوتر الطويل.

L: طول المنحنى .

Δ : زاوية انحراف المماسين.

و جميع هذه العناصر موضحة في الشكل التالي



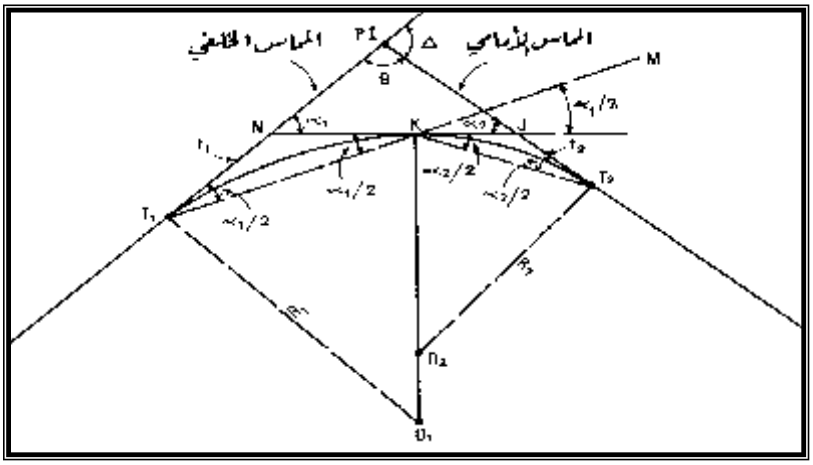
الشكل(6-6) عناصر المنحنى الدائري البسيط

ثانيا: المنحنيات الدائرة المركبة:

يتألف المنحنى المركب من منحنيين 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.

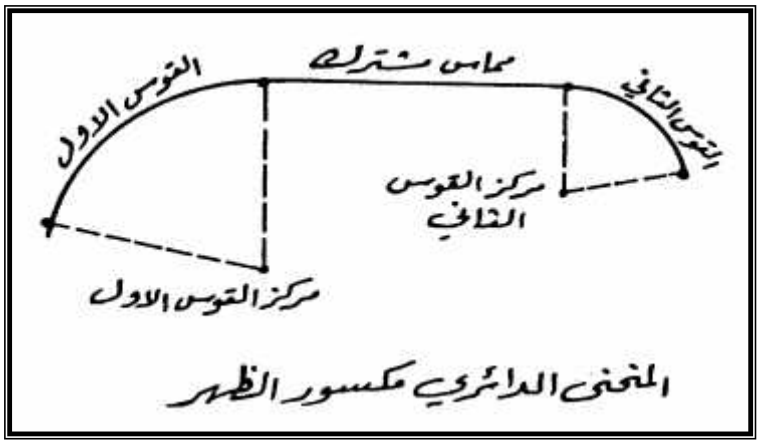
الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.



الشكل(6-7)عناصر المنحنى الدائري المركب

ثالثا: المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر:

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

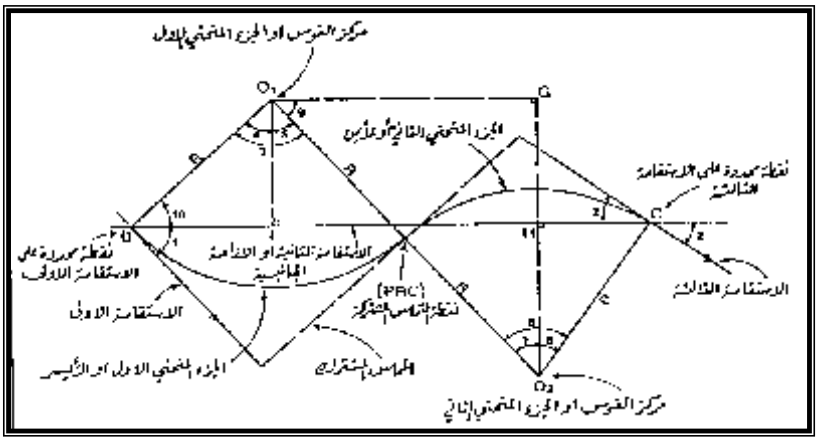


الشكل(6-8)عناصر المنحنى الدائري مكسور الظهر

رابعا: المنحنيات الدائرية العكسية:

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

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



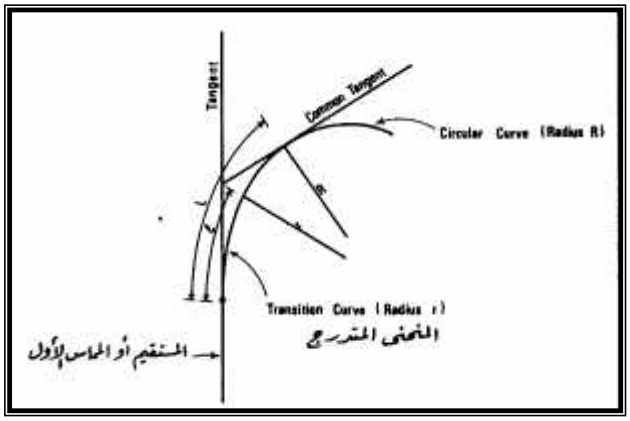
الشكل (6- 9) المنحنيات العكسية

6-5-2 المنحنيات المتدرجه:

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 انحناء محدودة يعرض المركبة إلى تأثير القوة الطاردة المركزية مما يسبب إزعاجا للمسافرين أو انقلاب المركبة إذا لم تؤخذ الضوابط الكافية من حيث سرعة المركبة و ميل مقطع الطريق العرضاني، لذلك يجب أن يغطي طول منحنى الانتقال معدل تغير القوة الطاردة المركزية ومعدل ميل ارتفاع الظهر. من هنا يتبين لنا فائدة استخدام المنحنيات المتدرجة التي من شأنها ضمان

الإنتقال التدريجي عند نقاط التماس من الأجزاء المستقيمة ذات درجات الإنحناء المعدومة أو أنصاف الأقطار مالا نهاية إلى أجزاء منحنية بدرجات انحناء أو أنصاف أقطار محدودة.

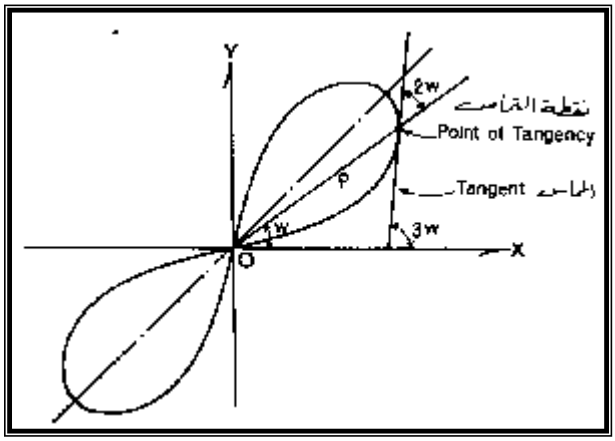


الشكل (6-10) المنحنيات المتدرجة

❖ أنواع المنحنيات المتدرجة:

١- ليمنسكات برنو لي أو المنحنى البيضوي:

من صفات هذا المنحنى انه مغلق و له محور تناظر وان نصف قطره يبلغ قيمة عظمى عند النقطة التي يكون فيها المحور القطبي ماسا بمقدار معين وإذا ما عرف نصف القطر ومقدار الزاوية(w) أمكن حساب جميع عناصر الليمنسكات و عليه يغلب استعماله في مشاريع الطرق .



الشكل (6-11) المنحنى البيضاوي (برنو لي)

$$\circ^2 = k^2 \sin 2\mu \quad \text{.....(6-10)}$$

حيث أن:

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

k°: نصف القطر الشعاعي أو القطبي.

٢ – الكلوتوئيد: يستعمل بكثرة في مشاريع خطوط السكك الحديدية فهو يبدأ بنصف قطر يساوي **الما**لانهاية و ينتهي بنصف **قطر** اصغر هو في الغالب نصف قطر المنحنى الدائري المراد وصله بالمستقيم، **انظرشكل** (6-12) أما المعادلة الأساسية لهذا **المنحنى** هي:

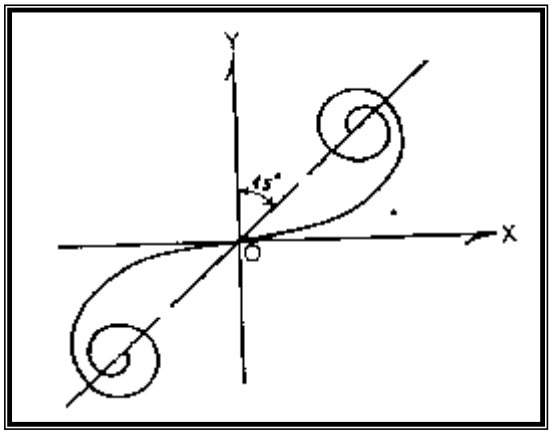
$$C = RL \quad \text{.....} \quad \text{(6-10)}$$

حيث أن:

c: ثابت معين.

R: نصف القطر.

L: طول منحنى الكلوتوئيد.



الشكل (6-12) الكلوتوئيد

٣ - القطع المكافيء المكعبي أو القطع المكافيء من الدرجة الثالثة:

يعتبر مناسبا عندما يراد وصل أجزاء مستقيمة بمنحنيات دائرية أنصاف أقطارها كبيرة نسبيا، حيث أن هذا المنحنى يغلب استعماله في مشاريع خطوط السكك الحديدية، ومعادلته هي على النحو التالي:

$$Y = \frac{X^3}{6RL} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}11)$$

حيث أن:

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

R : مقدار نصف القطر.

L : طول المنحنى المتدرج.

❖ 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 استغرقتها العربة في قطع المنحنى المتدرج وذلك حسب المعادلة التالية:

$$t = \frac{L}{V} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}12)$$

وبذلك يكون طول المنحنى المتدرج مرتبطا بالعلاقة التالية:

$$l = \frac{v^3}{Ra} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}13)$$

حيث أن:

L : طول المنحنى المتدرج بالمتر.

V : السرعة م/ث.

R : نصف قطر المنحنى الدائري بالمتر.

a : معدل التغير المسموح به للعجلة الطاردة المركزية.

a : ٠.٧٦ م/ث^3 لسرعات حتى ٣٢ كم/ساعة.

a : ٠.٤٦ م/ث^3 لسرعات اكبر من ٩٦ كم/ساعة.

a : $\frac{73}{V+64}$ م/ث^3 لسرعات بين ٣٢- ٩٦ كم/ساعة.

6-6 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:

$$S = \frac{L^2}{24\ R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (6\text{-}14)$$

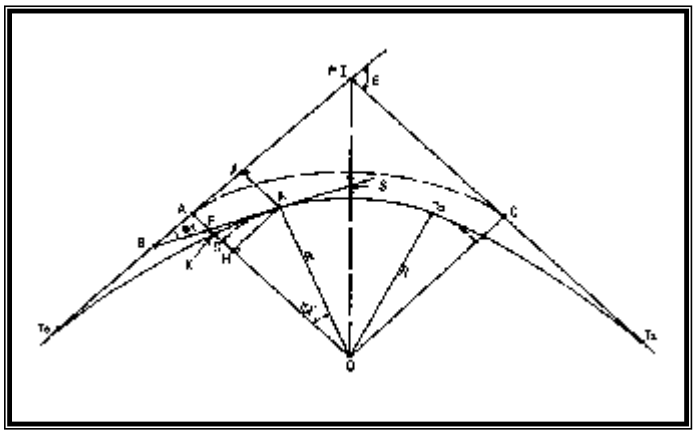
حيث أن:

S : مقدار الإزاحة.

L : طول المنحنى المتدرج .

R : نصف قطر المنحنى .

الشكل (6-13) يوضح كيفية إدخال المنحنيين المتدرجين على المنحنى الدائري حيث انه يحدث إزاحة للمنحنى الدائري.



الشكل (6-13) الإزاحة في المنحنى الدائري

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

طول كل من المنحنيين المتدرجين $l = \frac{v^3}{R\sim}$ .....(6-15)

- مقدار الإزاحة $S = \frac{l^2}{24R}$ .....(6-16)

- طول المماس الكلي $PT_0 = PT_3 = (R+S)\tan\frac{\_}{2} + \frac{l}{2}$ .....(6-17)

- أطوال الأقواس الجزئية للمنحنى المتدرج $c = \frac{R}{40}$ .....(6-18)

- زوايا الانحراف الجزئية .$¢ = \frac{1800}{®RL} * l^2$ .....(6-19)

- الزاوية المركزية للمنحنى الدائري .$\_' = \_ - 2¤$ .....(6-20)

- طول المنحنى الدائري .(6-21)..... $L = \frac{®R^{-}}{180}$

- أطوال الأقواس الجزئية للمنحنى الدائري .(6-22)..... $c = \frac{R}{20}$

- زوايا الانحراف الجزئية للمنحنى الدائري.(6-23)..... $¢^{'} = 1718.87 \times \frac{c}{R}$

*** توسيع المنحنيات Curve Widening:**

يتم عمل التوسيع في المنحنيات بسبب عدم إتباع العجلات الخلفية لمسار العجلات الأمامية في المنحنيات، ويوضح جدول (6-3) مقدار التوسيع المطلوب للمنحنيات حسب السرعة التصميمية ونصف القطر، والتوسيع يتم وضعه من بداية المنحدر ثم بالطول الداخلي الكامل للمنحنى انظر شكل رقم (6-15).

ويكون مقدار التوسيع حسب المعادلة التالية:

$$W_e = \frac{NI^2}{2R} + \frac{V}{9.5\sqrt{R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6\text{-}24)$$

حيث أن:

We: مقدار التوسيع الكلي على المنحنى (م)

I: اتساع قاعدة العجل لأطول مركبة وتساوي (6.1)

N: عدد الحارات

R نصف قطر المنحنى (م)

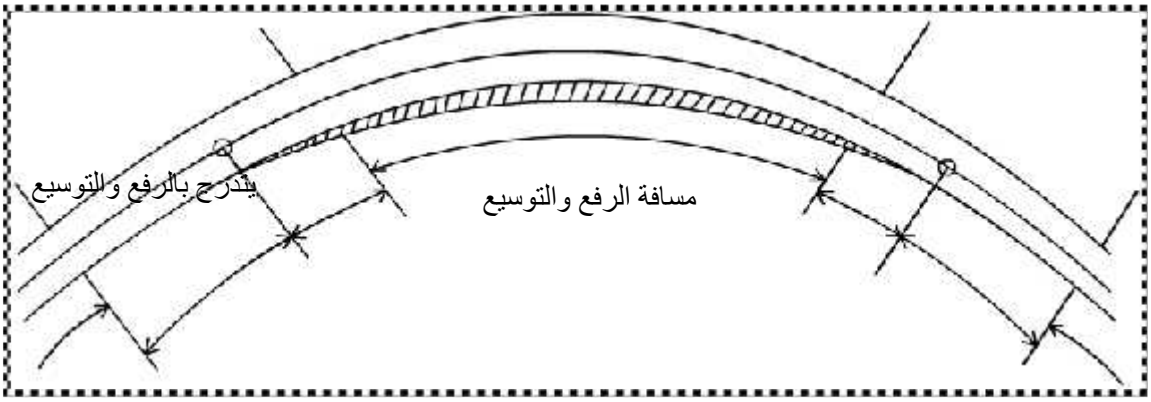
Wps : التوسعة نتيجة العامل النفسي

V: السرعة التصميم

$$W_{PS} = \frac{V}{9.5\sqrt{R}}$$

الجدول(6-3) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية

مقدار التوسيع في الرصف (م)							مقدار التوسيع في الرصف (م)					نصف القطر (م)
حارة مرورية بعرض 3.65م السرعة تصميمية (كم/ساعة)							حارة مرورية بعرض 3.25م 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(6-14) طريقة توقيع التوسيع للمنحنى

7-6 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 فالانحناء الزائد، وكذلك سوء الترابط بين المنحنيات المختلفة، يقلل السعة ويترتب عليه خسائر اقتصادية بسبب الزيادة في زمن الرحلة ونفقات التشغيل ويسئ إلى جمال المنظر. ولكي نتلافى تلك المظاهر السيئة في أعمال التصميم، يجب إتباع القواعد العامة التالية:

a) تأمين مسافة الرؤية الأفقية عبر الطرف الداخلي للمنحنى.
b) تأمين تصريف جيد للمياه السطحية.
c) تجنب المناطق السيئة جيولوجيا ومواقع المستنقعات.
d) التقليل ما أمكن من الأعمال الترابية.
e) الانسجام مع التضاريس و الطبيعة بشكل عام.
f) تجنب عمل منحنيات وصل قصيرة أو حادة ولكن يجب استخدام منحنيات متدرجة بأطوال كافية.
g) لتكن المسافة الأصغر بين منحيين أفقيين متتاليين (٦٠m)، خصوصا في الطرق السريعة.
h) توسيع سطح الطريق المخصص للسير عندما يقل نصف قطر المنحنى عن (150 m)، إضافة إلى اعتبارات التعلية (Super Elevation) والسرعة.
i) 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 أو .....الخ.
- وجود عوائق تحول دون استمرار الطريق بشكل ملائم.
- ظروف استملاك معقدة ومكلفة.
- ظروف طبوغرافية قاهرة.

j) إذا كانت هناك عوائق تحول دون استخدام منحنى دائري بنصف قطر كبير **أو مناسب**، نلجأ عندها إلى استخدام منحنى مركب يساعد في تحقيق مرونة أكبر في مجال السرعة ولعناصر أخرى مؤثرة على تكلفة الطريق وجماله.

k) في المناطق الجبلية، تكون تكلفة الإنشاء عالية في العادة، بسبب ارتفاع الأعمال الترابية مما يتطلب السير في الاتجاه الذي يقلل من حجم الأعمال الترابية، وعليه تكثر المنحنيات في مثل هذه الطريق.

l) يجب أن لا تتجاوز التعلية (7%) وفي جميع الحالات لا يجب أن تتجاوز (12%).

m) إن قيمة التعلية المرغوبة هي (6%).

n) يجب أن لا تتجاوز قيمة الاحتكاك الجانبي القيمة العظمى والمسموح بها (f = 16%).

o) **لمقاومة** تأثير القوة الطاردة المركزية، نلجأ إلى تطبيق التعلية المناسبة وتوسيع الطريق **على المنحنى**.

p) يعتمد اختيار أو تحديد القيمة القصوى للتعلية على:

- مدى الحرص على تأمين سلامة العربات التي يمكن أن تسير بسرعة بطيئة على **المنحنى**.
- السرعة التصميمية.
- **نصف قطر المنحنى**.

q) **تجنب** استخدام المنحنيات العكسية ما أمكن تفاديا للأمور التالية:

- الانتقال الفجائي من نصف قطر معين إلى آخر بشكل مفاجئ وعكسي، مما يؤدي إلى نتائج قاسية خصوصا إذا لم ينتبه السائق إلى وجود منحنى عكسي.
- الاضطرار إلى تخفيض السرعة بشكل كبير.
- **صعوبة معالجة آثار القوة الطاردة** المركزية حيث يتطلب الأمر الانتقال من المنحنى الأول إلى الثاني مع وجود ميلين عرضيين **مختلفي الاتجاه**.

r) يجب إعطاء أهمية خاصة لموقع منشآت التصريف ومواقع اجتياز الأودية السحيقة والمناطق العالية تجنبا لزيادة نفقات التنفيذ والصيانة على حد سواء.

8-6 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 كما ويشكل التقاطع جزءا هاما من الطريق لان 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.

1-8-6 أنواع التقاطعات:

حيث تقسم التقاطعات إلى ثلاث أنواع رئيسية وهي:

a) تقاطع مفصول مع رمبات.
b) تقاطع في مستوى واحد ويشمل:
   - تقاطع بسيط
   - تقاطع جرسي
   - تقاطع القنواتي
   - الدوار
c) تقاطع مفصول (معزول) بدون رمبات.

كما وان اختيار نوع التقاطع يعتمد على عدة عوامل منها :

١. حجم السير على كل ذراع من اذرع التقاطع.
٢. نسبة هذه الحجوم إلى بعضها البعض.
٣. مكونات السير على التقاطع ونسبة الشاحنات فيها.
٤. أهمية الطرق المتقاطعة.
٥. نوع وطبيعة حركة السيارات على التقاطع ودورانها.
٦. مدى الرغبة في التحكم في حركة السيارات.
٧. حركة المشاة.

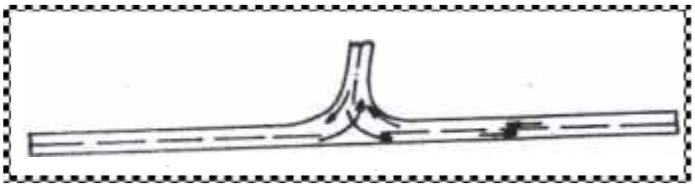
٨. طبوغرافية الأرض وثمن الأراضي
٩. النواحي الاقتصادية وتكاليف الإنشاء.
١٠. الرغبة في تخفيف الحوادث.
١١. مسافة الرؤية المتوفرة. فان كانت المسافة محدودة فان ذلك يتطلب تقاطع يكتب عليه (قف) أو أعط حق الأولوية.
١٢. المحاذاة الأفقية وزاوية التقاطع.

نظرا لان الطريق التي نقوم بتصميمها لا تحتاج إلى تقاطع معزول، فسنكتفي بشرح التقاطع في مستوى واحد.

6-8-1-1 التقاطع العادي البسيط (simple intersection)

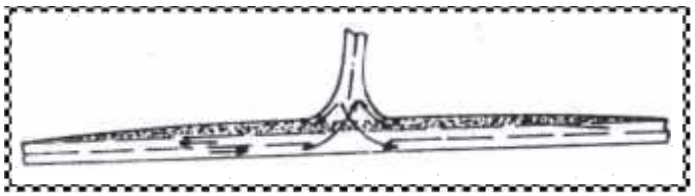
إن هذا النوع من التقاطع يستعمل في المناطق غير المزدحمة بالسير، لذلك لا يتم في هذا التقاطع فصل السير المتجه إلى اليمين عن السير المتجه إلى اليسار أو عن السير المتجه إلى الأمام.
وهذا النوع من التقاطع يكون بسيطا ورخيص التكاليف وغير معقد، حيث توضع بعض الخطوط التي تحدد الطريق، وإشارة (قف) لتوضيح أولوية السير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

ويتم تطوير هذا النوع من التقاطعات حسب كثافة السير وأهمية التقاطع، والأمثلة التالية تبين التطورات التي أدخلت على بعض هذه التقاطعات:
١- الشكل البسيط جدا والذي تبقى فيه المسارب بعرض ثابت سواء في الطريق الرئيسي أو الفرعي كما هو مبين في الشكل(6-15)، وخطورة هذا النوع تكمن في إن السيارات ستضطر إلى تخفيف سرعتها كثيرا عند محاولة الدوران إلى اليمين أو اليسار وقد تتوقف كليا.



الشكل (6-15)شكل التقاطع البسيط(مسرب بعرض ثابت)

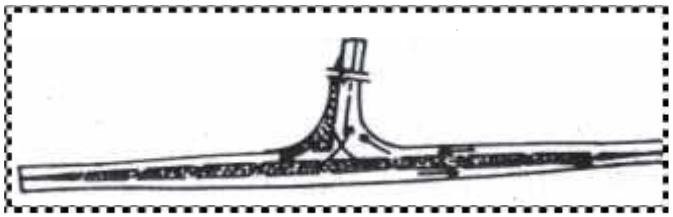
٢- تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع وذلك بإضافة مسرب يصلح للدخول وللخروج لمسافة تكفي لتباطؤ أو تسارع السير كما هو مبين في شكل (6-16). وهذا النوع يعطي حرية للسيارات التي تريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يمينية ولكنه لا يعطي حرية لمن يريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يسارية.



الشكل (6-16) شكل التقاطع البسيط(توسيع الطريق عند التقاطع)

٣- في هذا النوع من التقاطع يكون المسرب الإضافي من الجهة المقابلة ، وهذا عكس لما رأيناه في**شكل** (6-16) أي إن الحرية الآن أكثر للسير الذي يدور إلى اليسار وهذا يساعد السير المستمر في تجنب الاصطدام بالسيارات التي تريد الانعطاف يسارا وبنفس الوقت يحمي السيارات التي تدخل وتخرج .

٤- في هذا النوع من التقاطع تتوسع الطريق لكي تصنع مسربا كاملا في الوسط من اجل المساعدة في الدخول والخروج وبدون إعاقة السير المستمر كما في الشكل (6-17)



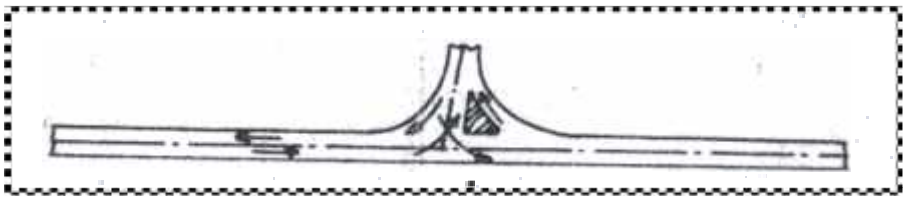
الشكل (6-17) مسرب كامل في وسط التقاطع

2-1-8-6 التقاطع الجرسي (Flared):

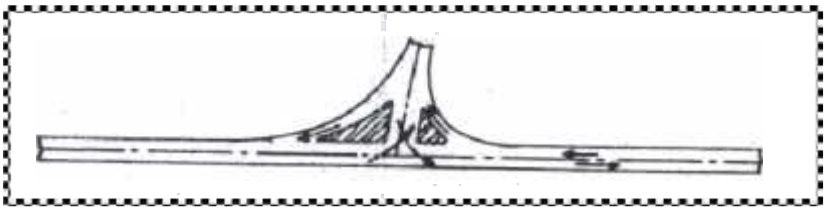
يتم في هذا التقاطع توسيع الطريق الفرعية عند تقاطعها مع الطريق الرئيسي ويشبه هذا التوسع شكل الجرس، إن هذا التوسيع ضروري لتنظيم حركة السير وفصل السير المتجه إلى اليمين عن المتجه إلى اليسار أو عن المتجه إلى الأمام وبهذا تقل الحوادث على التقاطع وتزداد سعته ويستوعب عددا اكبر من السيارات.

3-1-8-6 التقاطع القنواتي (Canalized):

يستخدم هذا النوع من التقاطع عندما تزداد حركة السير وتتعقد عند التقاطع وتصبح نقط التقاطع واسعة لاستيعاب هذا السير وتقل قدرة السائقين على التصرف الصحيح، حيث يتم توسيع التقاطع وتقسيمه إلى مسارب وقنوات بواسطة جزر تبنى، أو بواسطة خطوط ترسم أو حواجز تقام، هذا وقد تم استخدام هذا النوع من التقاطع ، والأشكال من (6-18) إلى (6-19) تبين أشكالا متعددة لتقاطع ذو قنوات، والأسهم تشير إلى طبيعة الحركة، وهذه الأشكال مرتبة حسب الزيادة في حركة السير على التقاطع.



الشكل (6-18) انعطاف دورة واحدة



الشكل (6-19) انعطاف مزدوج

6-8-2 فوائد القنوات في التقاطع:

للتقاطع ذو القنوات فوائد ومزايا متعددة منها:

١. يفصل السير ذو الاتجاهات والسرعات المختلفة وينظم حركة السير ويحقق استعمالا مناسبا للتقاطع.
٢. يقلل من حيرة السائقين.
٣. يؤكد تفضيل حركة على أخرى، أي يعطي أولوية لاتجاه معين.
٤. يحدد لكل سائق اتجاهه ومساربه.
٥. يساعد السائق على تغيير اتجاهه بسهولة وأمان.
٦. توفير المساحة في المساحة المرصوفة من حيث تكاليف الإنشاء والصيانة لان الجزر تحتل مساحة تكلف اقل.
٧. يقوم بحماية المشاة حيث يقوم هؤلاء بقطع الطريق على مراحل وذلك بالاستعانة بالجزر.
٨. تزداد سعة استيعاب الطريق وتقلل من التأخير.
٩. يمنع الحوادث حيث نضمن حماية للسائق أثناء قطع الطريق لأنه يستطيع القيام بذلك على مراحل.
١٠. يحمي السيارات التي ستدور لليمين أو لليسار أثناء انتظارها.
١١. يمنع السائقين من القيام بحركات ممنوعة كالاتجاه إلى اليسار بعكس السير.
١٢. تشكل القنوات خطوة أولية لوضع وسائل تنظيم التقاطع بإشارة ضوء حيث إن القنوات ضرورية عند وضع الإشارات الضوئية.
١٣. الجزر مكان مناسب لوضع الإشارات واللوحات.

6-8-3 عوامل وعناصر وخطوات تصميم التقاطعات:

أولا: حجم السير وحركة المشاة على التقاطع:

يجب القيام بحصر حركة المشاة على التقاطع كما يجب القيام بمسح شامل لتحديد اتجاه حركة السيارات وحجم السير، وأنواع المركبات وحركتها، ويجب إن تغطي حجم المرور في الوقت الحالي وفي المستقبل.

ثانيا: مقدرة السائقين و تصرفاتهم على التقاطع:

يجب التعرف على مقدرة السائقين وتصرفهم على التقاطع لعمل التصميم حسب ما يتصرفه ٨٥% من السائقين وليس للسائق المثالي.

ثالثا: خواص المركبات واختيار المسار المناسب لها:

حيث يتم اختيار الممر المناسب للسيارات دون إن تتعدى على الممرات الأخرى، ويعتمد اختيار التصميم على نوع المركبات التي تسير على التقاطع، فالتصميم لسيارات الركوب يختلف عن التصميم للحافلات أو للشحن أو المقطورات، حيث كل نوع من هذه المركبات يدور على نصف قطر معين ويتخذ ممرا محددا، فإذا كانت السيارات التي تسير على الشارع صغيرة، فان التصميم يتم عليها.

إن التصميم على أنصاف أقطار صغيرة أو على الحد الأدنى الممكن يفترض إن السيارات تسير على سرعة منخفضة تقل عن ١٥ كم /ساعة، وهذا يهدف إلى توفير النفقات والمساحة. هذا ويجب الأخذ بعن الاعتبار عند التصميم بعض الإرشادات التالية:

١. يصمم التقاطع لسيارات الركوب (الخاصة) إذا كانت الطريق فرعية، وكان حجم السير وعدد السيارات الكبيرة صغير والمساحة المتوفرة قليلة.
٢. يصمم التقاطع للشاحنات المفردة عندما تكون نسبة الشاحنات عالية تزيد عن ١٠% وكانت حركة السير كثيفة.
٣. يصمم التقاطع للشاحنات التي تقطر مقطورة إذا أصبح السير كثيفا وكان التقاطع على طريق رئيسية.
٤. يستعمل الحد الأدنى لأنصاف الأقطار في التقاطع ذي القنوات التي توضع عندما تكون هنالك حاجة لفصل حركات متناقضة، كما يستعمل الحد الأدنى في التقاطع القليل الأهمية ذي السير الخفيف.
٥. يجب إن تبقى عجلات المركبات بعيدة عن الأطاريف بما لا يقل عن ٦٠سم على الأقل.

٦. في التقاطع ذي القنوات يجب إن تحدد حركة السيارات بدقة حتى لا تعتدي السيارات على الأرصفة، وتعطب الأطاريف والحواف العالية.

٧. وضعت حدود دنيا لأنصاف أقطار منحنيات بسيطة، مبنية على أساس إن السرعة عند الدوران تكون اقل من ١٥ كم /ساعة وعلى أساس إن زاوية الدوران اقل من ٩٠ درجة.

الجدول (4-6) نصف قطر منحنى دائري على تقاطع

نوع المركبة	نصف قطر المنحنى (متر) زاوية الدوران (درجة)				
	٣٠°	٤٥°	٦٠°	٧٥°	٩٠°
سيارة	١٨	١٥	١٢	١٠	٩
شاحنة صغيرة	٣٠	٢٢	١٨	١٧	١٥
مقطورة صغيرة	٤٥	٣٦	٢٧	٢٥	-
مقطورة كبيرة	٦٠	٥٠	-	-	-

رابعا: ميلان سطح الطريق والاحتكاك على منعطفات التقاطع:

يجب إمالة سطح الطريق عند المنعطف الواقع على التقاطع، إن نصف القطر على التقاطع يكون صغيرا مما يتطلب ميلانا كبيرا، إلا انه من الصعب عمل الميلان المناسب دون إحداث تغيير مفاجيء في ميلان سطح الطريق، وبما إن المسافات قصيرة فقد جرت العادة على عدم استعمال الميلان العالي، وبدلا من ذلك يجري تخفيف السرعة على التقاطعات والاعتماد على الاحتكاك الجانبي عند الدوران، وجدول (6-5) يبين ميلان سطح الطريق حسب السرعة.

الجدول (6-5)الحد الأدنى لنصف قطر على المنحنى

سرعة الدوران (كم /ساعة)	٢٥	٣٢	٤٠	٤٨	٥٥	٦٥
معامل الاحتكاك	٠.٣٢	٠.٢٧	٠.٢٣	٠.٢٠	٠.١٨	٠.١٧
ميلان سطح الطريق	٠	٠.٠٢	٠.٠٤	٠.٠٦	٠.٠٨	٠.٠٩
نصف القطر المستعمل(متر)	١٥	٣٠	٥٠	٧٥	١٠٠	١٤٠

خامسا الفرق الجبري بين الميلين:

يجب إلا يتعدى الفرق الجبري بين ميلان جانبي الطريق على التقاطع الحد المسموح فيه ، لان السائق الذي يقود سيارته وهي مائلة إلى اليسار بنسبة معينة ثم يضطر إلى الميلان إلى اليمين يتعرض للخطر نتيجة التغير الذي يحدث بين الميلين لذلك يجب تخفيف الميول بقدر الامكان، كما ويعرف الفرق الجبري بين ميلي سطح الطريق بأنه مجموع ميلهما إذا كانا في اتجاهين مختلفين، ويجب إن لا يتجاوز الحدود المبينة في الجدول التالي

الجدول (6-6)الفرق الجبري بين الميلين

السرعة كم /ساعة	الفرق الجبري
٣٥ -٢٥	٠.٠٨ – ٠.٠٥
٤٨ - ٤٠	٠.٠٦ – ٠.٠٥
٥٥ وأكثر	٠.٠٥ – ٠.٠٤

سادسا: الاحتكاك:

الاحتكاك يقل مع زيادة السرعة ويجب الاعتماد على الميل والاحتكاك معا, كما يجب اختيار قيمة مناسبة لمعامل الاحتكاك على المنعطف، حيث تتراوح هذه القيمة ما بين ٠.١٦ إلى ٠.٣٢ حسب خشونة السطح.

سابعا: السرعة على التقاطع:

إن من الضروري التحكم بالسرعة على التقاطع، وذلك بوضع الإشارات أو عن طريق تضييق الممرات، حيث إن الحدود الدنيا التي وضعت سابقا كانت تعتمد على إن السرعة اقل من ١٥ كم /ساعة إلا إن السرعة يجب إن تتناسب مع السرعة على الطريق المؤدية إلى التقاطع ، حيث يعتمد على نوع التقاطع وحجم السير على التقاطع ، ولإيجاد التوازن بين السرعة ونصف القطر بالإضافة إلى الاحتكاك وميلان سطح الطريق ، يتم استعمال المعادلة التالية:

$$\frac{V}{gR} = u + i \qquad \text{.....(6-25)}$$

حيث أن:

V= سرعة السيارة كم /ساعة.

G= الجاذبية الأرضية م/ث^{2}.

R= نصف قطر الدائرة بالمتر.

U = معامل الاحتكاك.

i = ميلان سطح الطريق.

ثامنا: عرض المسرب المخصص للدوران:

يجب إن يكون عرض المسرب مناسبا ليسمح للسيارات بالسير فيه مع بقاء المركبة بعيدة عن أطراف الممر مسافة لا تقل عن ٦٠سم من كل جانب، حيث يتحكم في عرض المسرب حجم المركبة ونوعها وحجم السير وحدة المنعطف، ويوجد هنالك ثلاثة أنواع من المسارب المخصصة للدوران وهي:

١. مسرب واحد ولا يسمح فيه بالتجاوز، وفي هذا النوع يخصص للحركات الغير مهمة، ولحجم معتدل من السير ولمسافات قصيرة حيث يكون توقف سيارة غي محتمل.
٢. مسرب واحد باتجاه واحد نع السماح بوقوف سيارة معطلة وتجاوزها بالسرعة المنخفضة، وتستعمل للسير المعتدل الذي يتطلب حجمه مسربا واحدا فقط.
٣. مسربان باتجاه واحد أو اتجاهين مع وجود سير ثقيل.

الجدول (6-7) عرض المسرب على التقاطع

نصف القطر (متر)	مسرب واحد باتجاه واحد دون تجاوز (متر)			مسرب واحد باتجاه واحد مع تجاوز (متر)			مسربين (متر)		
	سيارات	شاحنات	هطورة	سيارات	شاحنات	هطورة	سيارات	شاحنات	هطورة
١٥	٥.٤	٥.٤	٦.٩	٦.٩	٧.٥	٨.٧	٩.٣	١٠.٥	١٢.٦
٢٢	٤.٨	٥.١	٥.٧	٦.٣	٦.٩	٨.١	٨.٧	٩.٩	١١.١
٣٠	٤.٥	٤.٨	٥.٤	٦	٦.٥	٧.٥	٨.٤	٩.١	١٠.٥
٤٥	٤.٢	٤.٨	٥.١	٥.٧	٦.٣	٧.٢	٨.١	٩	٩.١
٦٠	٣.٩	٤.٨	٤.٨	٥.٧	٦.٣	٦.٩	٨.١	٨.٤	٩

تاسعا: مسافة الرؤية اللازمة للتوقف:

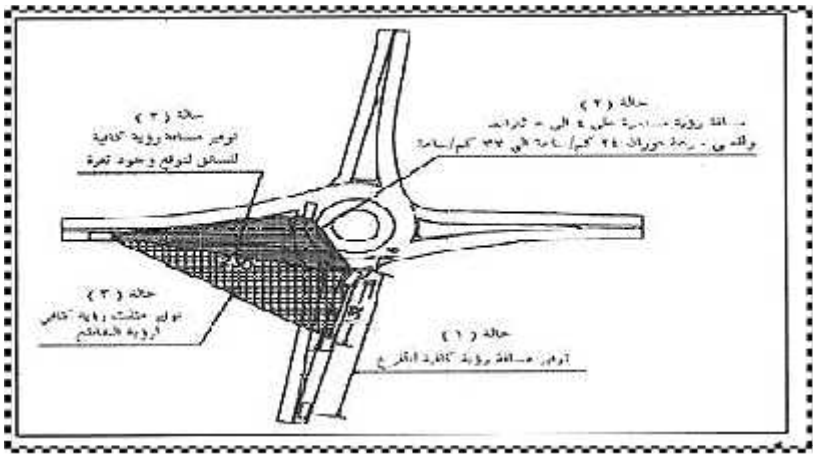
إن السيارة التي تقترب من التقاطع تحتاج إلى مسافة رؤية أمامها تمكنها من رؤية العقبة أو الخطر والتوقف إن أرادت، وتتبع في إيجاد هذه المسافة نفس الأساليب المتبعة في عملية تصميم الطرق حيث يحتاج السائق إلى وقت للتفكير وأخر لاتخاذ الإجراء واستعمال الكابح. وحيث إن قيم الاحتكاك تتناقص مع زيادة السرعة فأنه يتم اعتبار معامل الاحتكاك عال على السرعة المنخفضة ومعامل منخفض على السرعة العالية .

الجدول (6-8) مسافة الرؤية للتوقف

السرعة كم /ساعة	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٦٥
مسافة الرؤية (متر)	٢٤	٣٤	٥٠	٦٥	٧٥	٨٥

عاشرا: مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع:

إن السائق الذي يقترب من التقاطع يتطلب إن تكون أمامه منطقة غير مغطاة (مكشوفة) على كلتي الطريقين المتقاطعين ويجب إن يرى جزءا من الطريق المنوي الدخول فيه حتى يستطيع التحكم بالمركبة وتجنب الحوادث وحتى يستطيع التوقف إذا تطلب الموقف ذلك، أما مسافة الرؤية التي يجب إن تكون أمامه فتعتمد على سرعة المركبة على الطريق الأخرى . وتقل هذه المسافة إذا كان هناك إشارات ضوئية إن الحد الأدنى من الرؤية المطلوبة هو المثلث(أ ب جـ) المبين بالشكل (6-20) ويجب إن يرى كل سائق على الطريقين المتقاطعين كلا منهما الأخر من خلال هذا المثلث.



الشكل (6-20) مسافة الرؤية على التقاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة

حيث:

أ ب = مسافة الرؤية اللازمة للسيارة (أ) حسب سرعتها.

ب جـ = مسافة الرؤية اللازمة للسيارة (جـ) حسب سرعتها.

أ جـ = يعتمد على(أ ب) و (ب جـ).

يجب أن يزال أي عائق أعلى من خط النظر في داخل المثلث حتى يرى السائقان على الطرق المتقاطعة بعضهم البعض من مسافة كافية قبل الوصول إلى التقاطع.

هناك ثلاث حالات لأوضاع أطوال المسافات المشكلة للمثلث (أ ب جـ) وهي:

أ- حيث يسمح للسواقين بتعديل سرعتهم عند اقترابهم من التقاطع الذي لم توضع عليه إشارة(قف) أو أعط حق الأولوية لأي من السيارات على الطريقين. وهنا لا بد من تأمين مسافة رؤية كافية يرى خلالها السائق العائق ويعدل من سرعته خلالها حتى لا يصطدم بالسيارة التي تقترب من التقاطع من الطريق الأخرى. ويحتاج إلى ثانيتين للتفكير والرؤية وثانية للتباطؤ وخلال هذا الوقت يحتاج السائق إلى المسافات المبينة بالجدول(6-9).

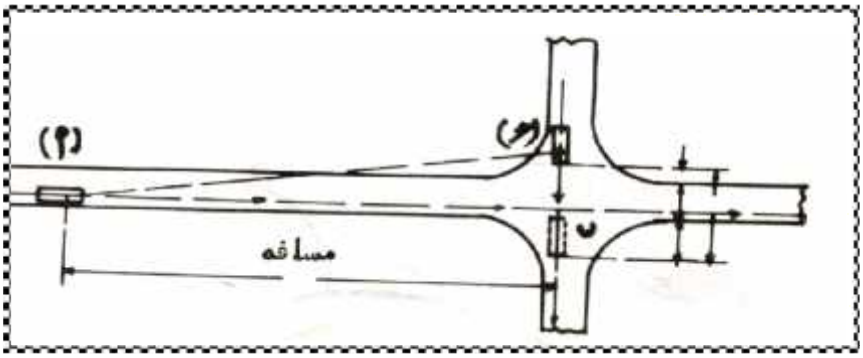
ب- لا توجد إشارة قف أو أعط حق الأولوية على أي من الطريقين ولكننا نريد لهاتين المركبتين التوقف وليس تعديل السرعة فقط, وهنا نقوم بزيادة المسافة لأننا نحتاج إلى مسافة للرؤية ثم التفكير ثم مسافة التباطؤ حتى التوقف.

إن المسافة اللازمة للتوقف مبينة في الجدول(6-9)، أيضا ومنها يمكن إن نلاحظ إن المسافة اللازمة للوقوف هي ضعف المسافة اللازمة لتعديل السرعة. وإذا لم نستطع تأمين هذه المسافة فأنه من الممكن تخفيض سرعة هذه المركبات على الطريق عند اقترانها من التقاطع.

الجدول (6-9) مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها

السرعة (كم /ساعة)	٣٠	٥٠	٦٥	٨٠	٩٥	١٢٠
المسافة اللازمة لتعديل السرعة لتجنب التصادم (متر)	٢٥	٤٠	٥٥	٦٦	٨٠	٩٥
المسافة اللازمة للتوقف (متر)	-	٦٥	٨٥	١٠٥	١٤٠	١٨٠

ج - حيث يتم وضع إشارة (قف) أو (أعط حق الأولوية) للسيارة التي تسير على الطريق الفرعي. إلا إننا عندما نتوقف نحتاج إلى منطقة رؤية نستطيع منها رؤية السيارة التي على الطريق الرئيسي وبعد رؤيتها يمكن للسائق إذا رأى إن ذلك مناسبا إن يستمر. وهنا يحتاج إلى وقت للبدء مرة أخرى ثم التسارع ثم قطع الطريق الرئيسي.



الشكل (6-21) مسافة الرؤية على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق **الفرعي**

إن المسافة أ ج اللازمة تساوي

$$d = 1.47v \times (j + t) \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6\text{-}26)$$

حيث أن:

d = **المسافة** بالأمتار

v = سرعة السيارة (**أ**) على الطريق الرئيسي.

j = الوقت اللازم للرؤية وتقرير السير.

t = الوقت اللازم للقطع وهذا يتغير بتغير نوع المركبة.

إن هذه المسافة تزيد عن المسافة اللازمة لتوقف السيارة على الطريق الرئيسي (سيارة أ) وهي تعتمد على عرض الطريق الرئيسي، ونوع المركبة التي وقفت ومقدرتها على التسارع.

الحادي عشر: الجزر والفتحات على التقاطعات:

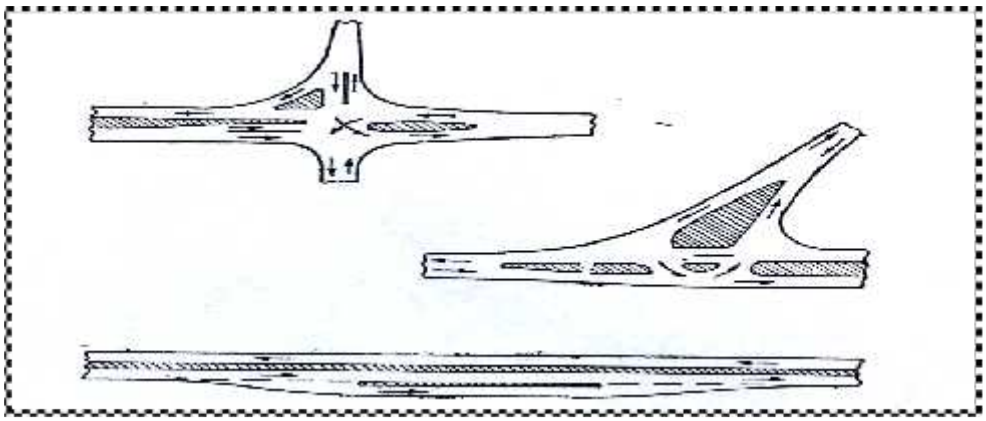
يحتاج التقاطع المحدد المسارب إلى دراسة أكثر من التقاطع العادي البسيط، حيث أن عرض الجزر والفراغ بينهما وأطوالها ومسافة الفراغ بينهما أمور ضرورية، فنحن نهدف هنا إلى سير المركبة بسهولة دون تعطيل حركة السير، كما أن المقطع المحدد المسارب يعني أن السيارات التي ستستعمل اتجاها معينا، ستحدد بمسارب معينة لا تستطيع الخروج منها، ولا نريد أن يحصل **اكتظاظ في مسرب** يقابله فراغ تام في مسرب آخر، بل يجب أن يكون الممر المكتظ مثلا ممر بمسربين والمسرب القليل السير بمسرب واحد فقط وهكذا.

الثاني عشر: مكونات الجزر:

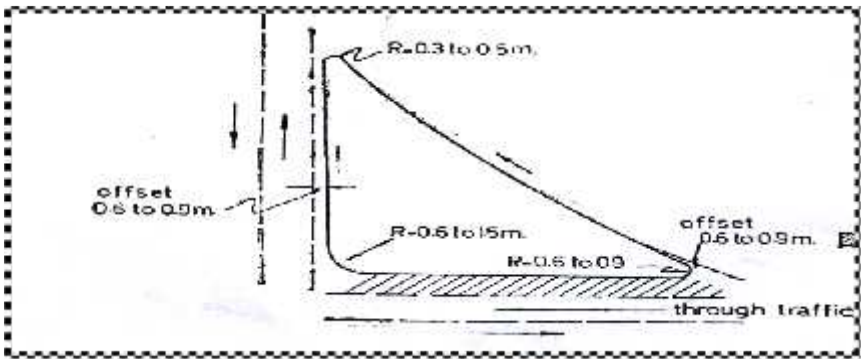
تتكون الجزر إما من أطار يف مع رصفة، أو علامات وأزرار أو حواجز، كذلك يمكن أن تكون ساحة غير مرصوفة محددة بأعمدة أو تراب مرتفع، ولهذه الأشياء بالطبع فوائد وسيئات من حيث الساحة المتوفرة والأخطار على السيارات وسرعة السيارة وتصريف الماء، فالأطاريف والحواجز البارزة مثلا تسبب خطرا للسيارات وتمنع تصريف المياه، ولذلك فالرصفة المخططة بعلامات فقط قد تكون في مثل هذه الحالات (تصريف المياه)، أما إذا أردنا منع السيارات امتطاء الجزيرة، فإن الأرصفة تصبح ضرورية، وهكذا.

الثالث عشر: أشكال الجزر:

للجزر إشكال وأبعاد متعددة إلا أن النوع المتعارف عليه هو المثلث حيث يفصل هذا النوع السير الذي يدور عن السير المستقيم وتكون الجزر المستديرة في الوسط ليدور حولها السير والشكل (6-22) يبين أشكالا وتوزيعات متعددة للجزر، وشكل (6-23) يبين أبعاد احد أنواع الجزر عند التقاطع.



الشكل (6-22) أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات



الشكل(6-23) أبعاد الجزيرة على شكل **مثلث عند التقاطع**

6-9 التخطيط **الرأسي للطرق** (Vertical Alignment):

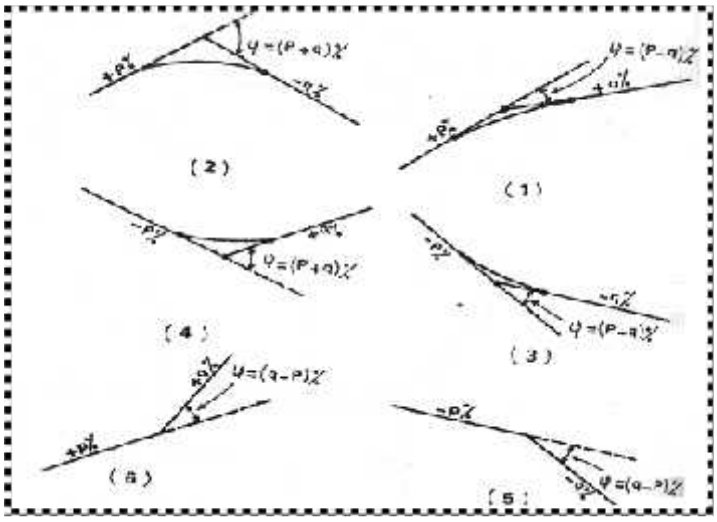
يتكون التخطيط الرأسي للطرق من سلسلة من الميول متصلة مع بعضها البعض بمنحنيات رأسية ويتحكم في التخطيط الرأسي عوامل الأمان والتضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار ويجب أن تتوفر مسافة رؤية للتوقف تكون مساوية للحد الأدنى أو اكبر منها ويستخدم القطع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

6- 10- المنحنيات الرأسية (Vertical Curves):

يجب أن تكون المنحنيات الرأسية سهلة الاستخدام وتهيئ تصميماً مأموناً ومريحاً في التشغيل ومقبولاً في الشكل كافياً في تصريف المياه. وأهم **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 واستيفائه للمطالب السالفة.

6-10-1 إشارة الميل وزاوية التدرج(Grade Angle):

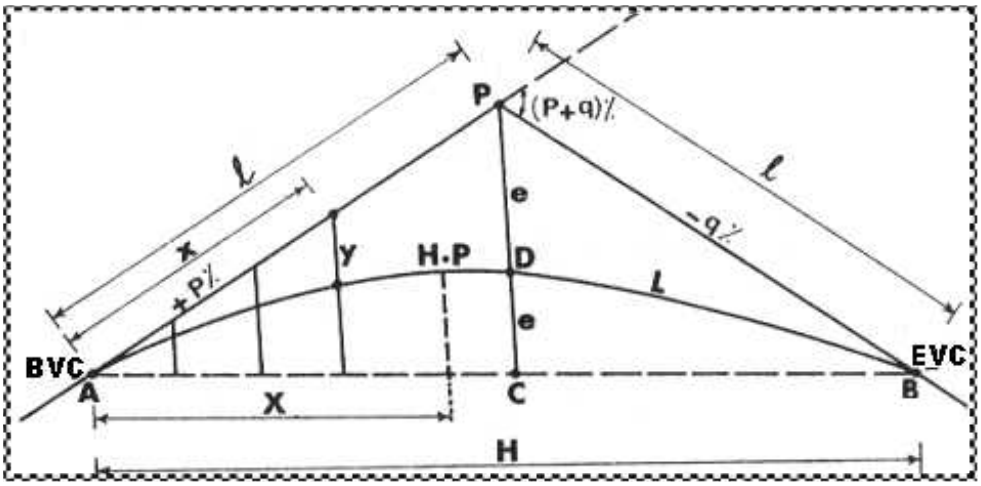
وزاوية التدرج هي عبارة عن الفرق الجبري بين الميلين، وهو في ست حالات كما هو موضح في الشكل التالي :



الشكل(6-24) فرق الميل أو زاوية الميل

6-11 عناصر المنحنى الرأسي:

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



الشكل(6-25)عناصر المنحنى الرأسي

حيث أن:

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

12-6 خواص القطع المكافئ البسيط:

أ- **طول المنحنى الرأسي L** يساوي مجموع طولي المماسين الخاصين بهذا المنحنى بهذا المنحنى، بحيث أن طول المماس الخلفي يساوي $\ell 1$ وطول المماس الأمامي يساوي $\ell 2$ ، فأن:

$$L = \ell 2 + \ell 1 \quad \text{..... (6-27)}$$

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

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

$$AB = H = 2\ell = L \quad \text{..... (6-28)}$$

د- 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:

$$y = ax2 \quad \text{..... (6-29)}$$

where :

$$a = \frac{p + q}{400\ \ell}\, x^2 \quad \rightarrow \quad \text{عندما يكون المماسان في اتجاهين مختلفين}$$

$$a = \frac{p - q}{400\ \ell}\, x^2 \quad \rightarrow \quad \text{عندما يكون المماسان في اتجاه واحد}$$

معادلة القطع المكافئ بدلالة (e):

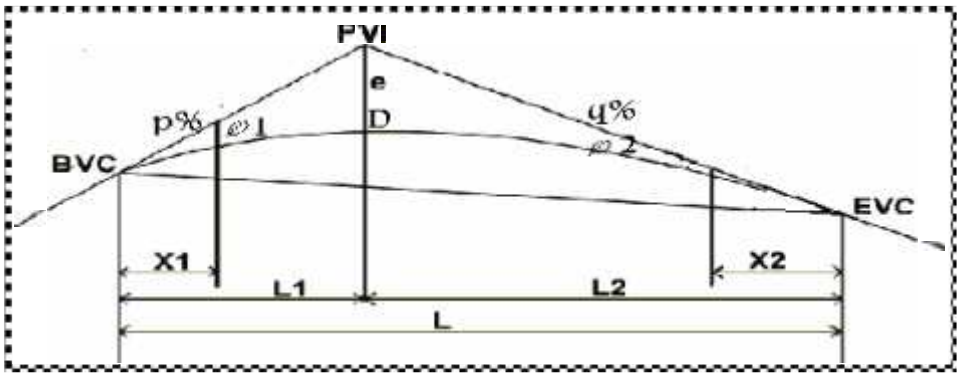
$$e = \frac{p + q}{400}\,\ell \quad \rightarrow \quad \text{عندما يكون المماسين في اتجاهين مختلفين}$$

$$e = \frac{p - q}{400}\,\ell \quad \rightarrow \quad \text{عندما يكون المماسان في اتجاه واحد}$$

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

13-6 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(6-26) منحنى غير متماثل

$$e = L1 * L2 / 2(L1 + L2) * A /100 \quad \text{..... (6-30)}$$

$$\ddot{1} = e\,(x1 /L1)2 - \ddot{2} = e(x2 /L2) \text{..... (6-31)}$$

$$N = | p - q | \quad \text{..... (6-32)}$$

حيث أن:

- N = الفرق الجبري بين الميلين
- L1 = المسافة الأفقية من بداية المنحنى إلى النقطة C على المنحنى
- L2 = المسافة الأفقية من نهاية المنحنى إلى النقطة C على المنحنى

14-6 الميول الرأسية العظمى في الطرق:

1-14-6 العوامل التي تتحكم بتحديد الميول الرأسية:

١) السرعة المعتبرة في التصميم (Design Speed).
٢) طبوغرافية الأرض التي يمر منا الطريق (Type Of Topography).
٣) طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

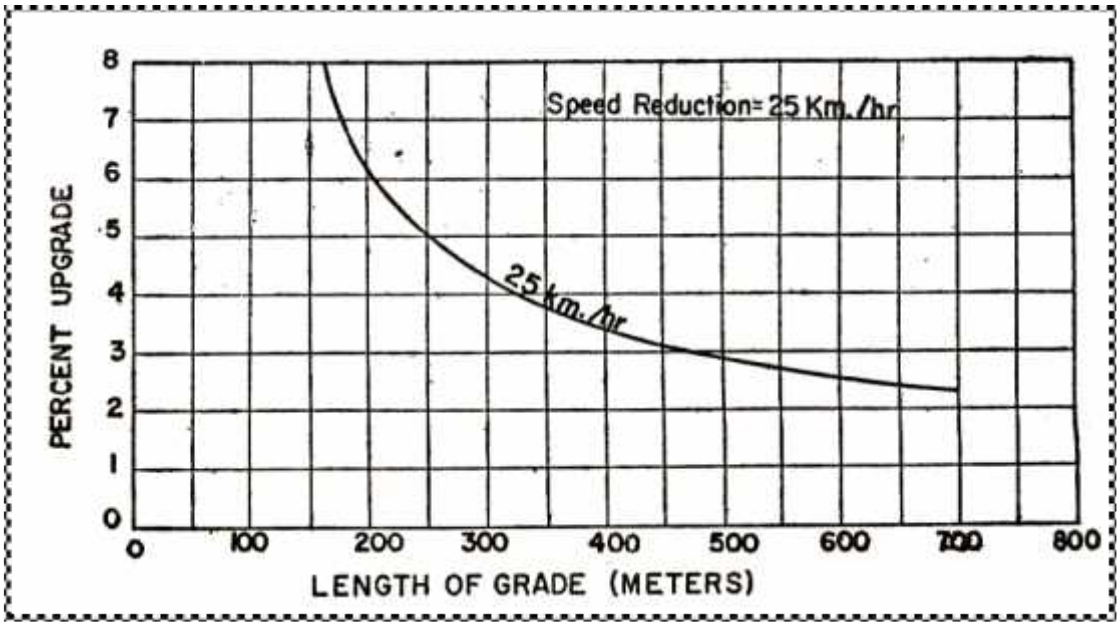
نبين في الجدول التالي قيما عملية للميول الرأسية بأخذ السرعة التصميمية وطبوغرافية المنطقة بعين الاعتبار مع مراعاة عدم تجاوزه

الجدول(6-10) لميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة التصميمية

السرعة التصميمية DESIGN SPEED KPH	منبسطة FLAT %	تلالي HILLY %	جبلية MOUNTAINOUS %
50	6	٨	9
65	5	٧	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 الاعتيادية على جزء منبسط

قبل صعودها هذا الجزء المائل المعتبر من الطريق، من الطبيعي أن هذا يعتمد على نوع الشاحنات التي تسلك الطريق. ويبين الشكل رقم (6- 26) القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق الخاضعة للميول الرأسية حسب الميول الرأسية:



الشكل (6- 27) القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل

الجدول (6-11) يبين القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية حسب الميول الرأسية:

مقدار الميل الرأسي (%)	3	4	5	6	7	8
القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل (m)	500	325	250	٢٠٠	١٨٠	١٧٠

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.

15-6 العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي:

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

١. مسافة الرؤية (Sight or Vision Distance):

بما أن الطريق التي نقوم بتصميمها هي من أربع مسارب، إذن فأن مسافة الرؤية للتوقف الآمن هي المعيار المحدد لطول المنحنى وخاصة منحنى القمة، والسبب في ذلك يعود إلى عدم احتمال مواجهة سيارة أخرى باتجاه معاكس لاتجاه التجاوز.

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

١- بافتراض أن طول مسافة الرؤية للتوقف الآمن اقل من طول المنحنى الرئسي:

$$L = (D.S2 * N) / 4 \quad \text{..... (6-33)}$$

Where :

D.S = مسافة الرؤية للتوقف الآمن

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

V = السرعة كم/ساعة

T = زمن الارتداد العصبي الكلي بالثانية

F = معامل الاحتكاك الجانبي

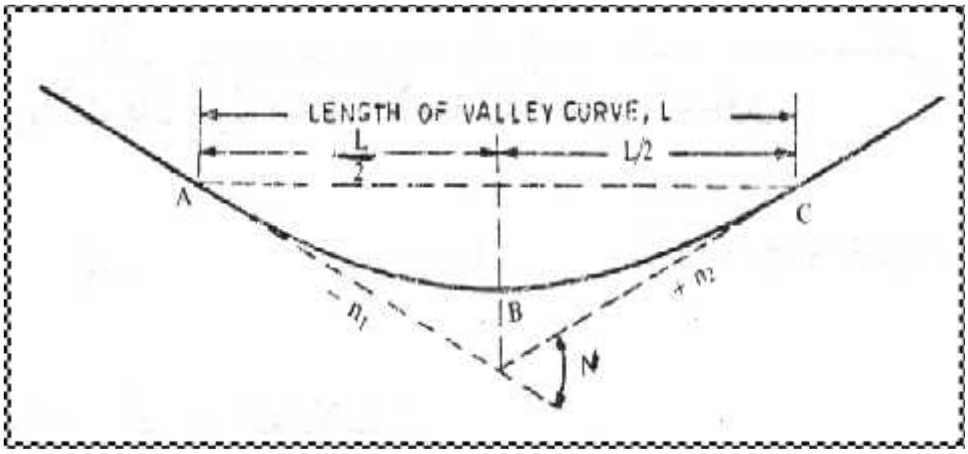
N = زاوية انحراف المماسين

٢- بافتراض أن مسافة الرؤية للتوقف الآمن اكبر من طول المنحنى الرأسي:

L = 2*D.S – (4 / N.)..... (6-34)

٢. راحة المسافرين (comfort of passenger):

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية (القاع) على أساس توفير راحة المسافرين، حيث يحدد الطول على أساس القوة الطاردة المركزية وتساوي ٠.٦ م/ث٢، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (6-28) فإن طول منحنى الاستدارة السفلي ABC والذي يساوي L حيث AB ، BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقال .



الشكل (6-28) منحنى رأسي قاعي

Ls = L/2

$\Rightarrow L = 2*[N V^3/C]^{0.5}$ ..... (6-35)

Where:

V: السرعة التصميميةم /ث

C : معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي ٠.٦ م /ث٢

N : زاوية انحراف المماسين

وبعد إيجاد طول المنحنى حسب المعادلة السابقة يتم التحقق من أن طول المنحنى اقل من (maximum impact factor) المسموح بها وهي ١٧% حسب المعادلة التالية:

$$I_{max} = [(200 * N * V2) / (g*L)] \% \quad < \%17 \quad \text{..... (6-36)}$$

فإذا كان الناتج اقل من (maximum impact factor) المسموح فيها وهي ١٧%، فان الطول يكون ملائما ويحقق راحة المسافرين.

16-6 ملاحظات عامة في التصميم الراسي:

١. في حالة طريق بعدة مسارب (أربعة مسارب على سبيل المثال فأكثر) وباتجاه واحد، تعتبر مسافة الرؤية للتوقف الآمن هي المعيار المحدد لطول المنحنى الرأسي، والسبب في ذلك يعود إلى عدم احتمال مواجهة سيارة أخرى باتجاه معاكس لاتجاه التجاوز، أما في حالة طريق بمسربين مع احتمال التجاوز عن عربة تسير بنفس الاتجاه عند مواقع المنحنيات الرأسية فتعتبر مسافة الرؤية للتجاوز الآمن هي المعيار المحدد لطول المنحنى الرأسي.

٢. ينتج عن استخدام مسافة الرؤيا للتجاوز الآمن كمعيار في تحديد طول المنحنى الرأسي، زيادة في طول المحنى مما يتسبب غالبا في زيادة الأعمال الترابية.

٣. في حالة الطريق بمسربين، يمكن استخدام مسافة الرؤية للتوقف الآمن بدلا من مسافة الرؤيا للتجاوز الآمن في تحديد طول المنحنى الرأسي، إذا تحقق شرطين وهما:

أ- منع حدوث التجاوز عن سيارة أخرى تسير في نفس الاتجاه 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 اتجاه ولمسافة مناسبة.

6-17 اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي:

إلى جانب العوامل الخاصة في التخطيط الرأسي هناك عدة اعتبارات 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 الانكسارات والأطوال الانحدارية القصيرة وحقيقة أن هناك قيماً تصميمية خاصة بالانحدارات القصوى والطول الحرج لكل انحدار، إلا أن طريقة تطبيق ذلك وتهيئته مع طبيعة الأرض في مناسيب مستمرة هي التي تحدد صلاحية العمل المنتهي وشكله الأخير.
- يجب اجتناب التخطيط الرأسي المتموج أو ذي الانخفاضات المحجوبة ويصادفنا هذا المنظر الطولي عادة في التخطيطات الأفقية القريبة من الاستقامة عندما تعمل المناسيب الطولية لسطح الطريق متفقة في الشكل إلى حد بعيد مع الأرض الطبيعية المتموجة. وليس ذلك سيئ المنظر فحسب، بل إنه خطر أيضا فالانخفاضات المحجوبة تسبب الحوادث في عمليات التجاوز، حيث يخدع السائق المتجاوز بمظهر الطريق فيما وراء المنخفض ويظن الطريق خالياً من السيارات **المضادة**، بل وفي المنخفضات قليلة العمق فان مثل هذا التموج الطولي يوجد عدم الاطمئنان عند السائق لأنه لا يمكنه الجزم بوجود أو عدم وجود مركبة مقبلة يحتمل اختباؤها خلف الجزء **المرتفع**. وهذا النوع من التخطيطات الطولية يمكن تجنبه بعمل انحناء أفقي أو تغيير الانحدارات تدريجيا بمعدلات خفيفة وذلك ممكن بزيادة أعمال الحفر والردم.
- يجب اجتناب التخطيط الطولي المنكسر الانحناء (انحنائين رأسيين في نفس الاتجاه يفصلهما مماس قصير) وخاصة في المنحنيات المقعرة التي يكون فيها المنظر الكامل الانحنائين **معاً** غير مقبول.
- من المفضل في الانحدارات الطويلة أن تكون الانحدارات الشديدة في الأسفل ثم يقل الانحدار قريباً من القمة أو يتجزأ الانحدار المستمر بإدخال مسافات قصيرة تكون الميول أقل فيه بدلاً من أن يعمل انحدار كامل منتظم، وقد لا يكون أخف من الحد الأقصى المسموح به إلا بقليل، ويعتبر ذلك ملائماً بصفة خاصة لحالة الطرق ذات السرعة التصميمية المنخفضة.

الفصل السابع

Adjustment of Travers

7-1 Angular Misclosure:-

In a link traverse, angular misclosure is found by computing initial azimuths for each course, and then subtracting the final computed azimuth from its given counterpart. The initial azimuths and their estimated errors are computed using the following equations:

$$Azc = Azp + 180 + \bar{} i \ldots\ldots\ldots 1.1$$

Where:
Azc : is the azimuth for the current course .
Azp: is the previous course azimuth.
i : is the appropriate interior angle to use in computing the current course azimuth ¯

Table 1.7 known control stations

Point	X	Y
جبل الرجوب	101424.37	155580.17
خزان ابوالعشوش	101153.382	154826.216
مقام النبي نوح	101599.46	152299.71
مقام احمد العابد	101120.74	150438.16

7-2 Distance observations:-

We have for each distance four observations; we find the mean for the Distance using the following equations:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \text{.....1.2}$$

Where:
$\bar{y}$: the most probable value
yi: the ith observation.
n: No. of observations.

7-2-1 Sample of calculations:

For the distance (B-C):

$$\bar{y} = \frac{1460.68}{4} = 365.17$$

Table (2.7) distance observations

Distance	Observations	Mean Distance
BC	365.00	365.17
	365.34	
	364.17	
	366.17	
CD	54.00	54.04
	54.08	
	53.04	
	55.04	

DE	475.00	475.49
	475.98	
	474.49	
	476.49	
EF	65.00	65.30
	65.60	
	64.30	
	66.30	
FG	608.00	608.02
	608.04	
	606.02	
	610.02	
GH	2128.00	2128.24
	2128.48	
	2127.24	
	2129.24	
HI	801.00	801.17
	801.34	
	800.17	
	802.17	

7-3 Angle Observations:-

Using the equation 1.2 we get the following table

Table (3.7) Angle observations

Angle	Observations	Mean Angle
ABC	$259^0 07' 34''$	$259^0 07' 34''$
	$259^0 07' 38''$	
	$259^0 06' 34''$	
	$259^0 08' 34''$	
BCD	$267^0 32' 38''$	$267^0 32' 39''$
	$267^0 32' 40''$	

	$267^0 30' 39''$	
	$267^0 34' 39''$	
CDE	$127^0 05' 49''$	$127^0 05' 50''$
	$127^0 05' 51''$	
	$127^0 04' 50''$	
	$127^0 06' 50''$	
DEF	$186^0 44' 11''$	$186^0 44' 12''$
	$186^0 44' 13''$	
	$186^0 43' 12''$	
	$186^0 45' 12''$	
EFG	$23^0 45' 02''$	$23^0 45' 04''$
	$23^0 45' 06''$	
	$23^0 44' 04''$	
	$23^0 46' 04''$	

FGH	$231^0 04' 43''$	$231^0 04' 44''$
	$231^0 04' 45''$	
	$231^0 03' 44''$	
	$231^0 05' 44''$	
GHI	$159^0 19' 04''$	$159^0 19' 05''$
	$159^0 19' 06''$	
	$159^0 18' 05''$	
	$159^0 20' 05''$	

7-4 Calculation of azimuth:-

$$Az_{(AB)} = \tan^{-1}\left(\frac{Y_A - Y_B}{XA - XB}\right)$$

$$= \frac{1861.55}{478.72} = 75^0\ 34'\ 42''$$

A_Z (BC) = A_Z (AB) + <ABC

$= 75^0\ 34'\ 42''\ + 259^0\ 07'\ 34''$

$= 334^0\ 42'\ 16''$

$A_Z\ (CB) = 343^0\ 42'\ 16''\ -180^0 = 154^0\ 42'\ 16''$

$\Rightarrow\ A_Z(CD) = A_Z(CB) + < BCD$

$= 154^0\ 42'\ 16''\ +267^0\ 32'\ 39'' = 422^0\ 14'\ 55''$

$= (422^0\ 14'\ 55''\ -360^0) = 62^0\ 14'\ 55''$

$A_Z\ (DC) = 62^0\ 14'\ 55''\ +180^0 = 242^0\ 14'\ 55''$

$\Rightarrow\ A_Z\ (DE) = A_Z\ (DC) + < CDE$

$A_Z\ (DE) = 242^0\ 14'\ 55'' + 127^0\ 05'\ 50'' = 369^0\ 20'\ 45''$

$= (369^0\ 20'\ 45'' - 360^0) = 09^0\ 20'\ 45''$

$A_Z(ED) = 09^0\ 20'\ 45''\ +180^0 = 189^0\ 20'\ 45''$

$\Rightarrow A_Z\ (EF) = A_Z\ (ED) + < DEF$

$A_Z\ (EF) = 189^0\ 20'\ 45''\ +186^0\ 44'\ 12''\ = 376^0\ 04'\ 57''$

$= (376^0\ 04'\ 57''\ -360^0) = 16^0\ 04'\ 57''$

$A_Z\ (FE) = 16^0\ 04'\ 57''\ +180^0 = 196^0\ 04'\ 57''$

$\Rightarrow A_Z\ (FG) = A_Z(FE) + < EFG$

$= 196^0\ 04'\ 57''\ +23^0\ 45'\ 04'' = 219^0\ 50'\ 01''$

$A_Z\ (GF) = 219^0\ 50'\ 01''\ -180^0 = 39^0\ 50'\ 01''$

$\Rightarrow A_Z\ (GH) = A_Z\ (GF) + < FGH$

$= 39^0\ 50'\ 01'''\ +231^0\ 04'\ 44''\ = 270^0\ 54'\ 45''$

$A_Z\ (HG) = 270^0\ 54'\ 45''$

$\Rightarrow A_Z\ (HI) = A_Z\ (HG) + < GHI$

$= 270^0\ 54'\ 45''\ +159^0\ 19'\ 05'' = 430^0\ 13'\ 50''$

$\Rightarrow A_Z\ (HI) = 430^0\ 13'\ 50''\ -360^0 =\ 70^0\ 13'\ 57''$

$\Rightarrow$ **Calculation azimuth** $=70^0\ 13'\ 57''$

Fixed Azimuth is:

$$\tan^{-1} = \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right) = Az_{(HI)} = \left(\frac{YH - YI}{XH - XI}\right) = \frac{155580.17 - 154826.216}{101424.37 - 101153.382}$$

$$\tan^{-1} = \left(\frac{753.954}{270.988}\right) = 70^0\ 13'\ 49''$$

$\Rightarrow$ Az of (HI) = $70^0\ 13'\ 49''$

$\Rightarrow$ The error = $70^0\ 13'\ 57'$-$70^0\ 13'\ 49''$

= $0^0\ 0'\ 8''$

Allowable Angular Error = $90''\sqrt{n}$

= $90''\sqrt{7}$

= $0^0\ 3'\ 58''$ $\Leftarrow\Leftarrow$

The Single Angular Error = $\frac{0^0\ 00'\ 8''}{8}$

= $0^0\ 0'\ 1''$ $\Leftarrow\Leftarrow$

Table (7-4) Unadjusted and Adjusted Azimuth of Line

Line	Unadjusted Az	Correction	Adjusted Az
AB	$75^0\ 34'\ 42''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$75^0\ 34'\ 41''$
BC	$334^0\ 42'\ 15''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$334^0\ 42'\ 14''$
CD	$242^0\ 14'\ 55''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$242^0\ 14'\ 54''$
DE	$09^0\ 20'\ 44''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$09^0\ 20'\ 43''$
EF	$16^0\ 04'\ 57''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$16^0\ 04'\ 56''$
FG	$270^0\ 54'\ 45''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$270^0\ 54'\ 44''$
GH	$70^0\ 13'\ 57''$	$-0^0\ 0'\ 01''$	$70^0\ 13'\ 56''$

7-5 Calculation of coordinates the of traverse points:-

Station C:-

coord B = [x = 101599.46 , y = 152299.71] , ℓ_{BC}= 365.17m

XC = XB+ $\ell_{BC} \times \cos A_z$

= 101599.46 + 365.17cos $334^0\ 42'\ 14''$

= 101277.44

YC = YB + $\ell_{BC} \times \sin A_Z$

= 152299.71 + 365.17 sin $334^0\ 42'\ 14''$

= 152451.89

Station D:-

XD = XC + ℓCD × cos Az

= 101252.28

YD = YC+ ℓCD × sin Az

= 152404.07

Station E:-

XE = XD + ℓDE cos Az

= 100783.10

YE = YD + ℓDE sin Az

= 152326.85

Station F:-

XF = XE+ ℓEF cosAz

= 100720.36

YF = YE + ℓEF sinAz

= 152308.77

StationG:-

XG = XF + ℓFG cos Az

= 101187.27

YG= YF + ℓFG sin Az

= 152698.246

Station H:-

XH= XG+ LGH × cosAz

= 101153.382

YH = YG + ℓGH × sinAz

= 154826.216

Station I:-

XI = XH +ℓHI cosAz

= 101424.60

YI = YH + ℓHI sin Az

= 155580.42

Table (7-5) Unadjusted Coordinates of Stations

Station	X – coord	Y – coord
C	101277.44	152451.89
D	101252.28	152404.07
E	100783.10	152326.85
F	100720.36	152308.77
G	101187.27	152698.246
H	101153.382	154826.216
I	101424.60	155580.42

7-6 Liner Miscloser Error:-

$$Lc = \sqrt{(\Delta Y)^2 + (\Delta X)^2}$$

$$\sqrt{(155580.17 - 155580.42)^2 + (101424.37 - 101424.60)^2}$$

$$\sqrt{(-0.25)^2 + (-0.23)^2}$$

Lc = 33.97 cm ⇐⇐

7-7Adjustment of departure and latitudes by Compass Rule:-

$$\delta y = \left(\frac{length\ \ segment}{total\ \ length}\right) * \Delta Y$$

$$\delta x = \left(\frac{length\ \ segment}{total\ \ length}\right) * \Delta x$$

$$\delta y_C = \left(\frac{365.17}{6410.55}\right) * 0.25 = 0.0142$$

$$\delta x_C = \left(\frac{365.17}{6410.55}\right) * 0.23 = 0.1310$$

$$\delta y_D = \left(\frac{54.04}{6410.55}\right) * 0.25 = 0.0021$$

$$\delta x_D = \left(\frac{54.04}{6410.55}\right) * 0.23 = 0.0019$$

$$\delta y_E = \left(\frac{475.49}{6410.55}\right)*0.25 = 0.0185$$

$$\delta x_E = \left(\frac{475.49}{6410.55}\right)*0.23 = 0.017$$

$$\delta y_F = \left(\frac{65.30}{6410.55}\right)*0.25 = 0.0025$$

$$\delta x_F = \left(\frac{65.30}{6410.55}\right)*0.23 = 0.0023$$

$$\delta y_G = \left(\frac{608.02}{6410.55}\right)*0.25 = 0.0237$$

$$\delta x_G = \left(\frac{608.02}{6410.55}\right)*0.23 = 0.0218$$

$$\delta y_H = \left(\frac{2128.24}{6410.55}\right)*0.25 = 0.0829$$

$$\delta x_H = \left(\frac{2128.24}{6410.55}\right)*0.23 = 0.0763$$

$$\delta y_I = \left(\frac{801.17}{13234.02}\right)*0.25 = 0.0312$$

$$\delta x_I = \left(\frac{801.17}{6410.55}\right)*0.23 = 0.0287$$

Table (7-6) Adjusted Coordinates of Stations

Station	X-coord	δX	Y- coord	¢Y	X-coord	Y-coord
C	101277.440	-0.1310	152451.890	-0.0142	101277.3090	152451.8758
D	101252.280	-0.0019	152404.070	-0.0021	101252.2781	152404.0679
E	100783.100	-0.0170	152326.850	-0.0185	100783.0830	152326.8315
F	100720.360	-0.0023	152308.770	-0.0025	100720.3577	152308.7675
G	101187.270	-0.0218	152698.246	-0.0237	101187.2482	152698.2223
H	101153.382	-0.0763	154826.216	-0.0829	101153.0570	154826.1331
I	101424.600	-0.0287	155580.420	-0.0312	101424.5713	155580.3888

الفصل الثامن

تصريف المياه على الطريق

٨-١- مقدمة:

كلنا يعلم ما للماء من تأثير كبير وخطير على سطح الطريق سواء أكان الماء ناتج من سيلان على سطح الطريق من جوانبه أو ساقط عليه نتيجة الأمطار أو مخترقا لطبقاته من المياه الجوفية ، وحيث أن معظم الطرق المحلية تفتقر إلى أرصفة المشاة والى ألجبه والى وسائل تصريف المياه فان الماء المنزلق على سطح الطريق يعمل على التخلخل بين حبيبات الإسفلت والحصمة فانه يعمل على فصل الحبيبات عن بعضها مما يؤدي إلى إضعاف الروابط والقوى التي توجد بينها ، ومع مرور السيارات والحافلات الثقيلة تبدأ الحبيبات بالابتعاد عن بعضها وتبدأ بالاقتلاع ومع مرور الزمن تنشا بعض الحفر في جسم الطريق مما يؤدي إلى تجمع المياه والذي يؤدي في النهاية إلى هبوط جزئي أو كلي لجسم الطريق .

فمن هنا نبعت أهمية تصريف المياه والتي تعني 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.

وعملية صرف أو إزالة المياه السطحية بعيدا عن حرم الطريق يسمى بالصرف السطحي Surface Drainage، وعملية توجيه و إزالة المياه المتشبعة بالتربة تسمى " الصرف المغطى" Sub-Surface Drainage.

٨-٢ أهمية تصريف 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 عميلة الرك ننتظر حتى يتبخر الماء الموجود مع التربة.

إن تكرار تسرب الماء إلى التربة تبخره، 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 وانكماشها هذا يسبب دفعا للطبقات الإسفلتية عند التمدد وهبوط هذه الطبقات عند الانكماش ونتيجة لهذه التحركات تتشقق الطبقات الإسفلتية وتتلف.

إذا انخفضت درجات الحرارة فان الماء المتواجد في لتربة يتجمد والتجمد يزيد من حجم التربة، وعند ذوبان الجليد فان التربة تكون في اضعف حالاتها مما يسبب هبوط الطبقات الإسفلتية تحت تأثير ثقل لسيارات.
ليس من الضروري أن تتسرب المياه من خلال شقوق في الطبقة الإسفلتية بل من الممكن أن تأتي المياه من المناطق العالية المجاورة للطريق خاصة عند هطول المطار مما يؤدي إلى تجمعها في باطن الأرض وقد ترتفع المياه لتصل إلى السطح الترابي بتأثير خاصية الشعرية فان هذه المياه تتحرك وتصل إلى السطح الترابي وتضعفه.

وأخيرا فان المياه التي تنساب من الجبال المجاورة تصل الطريق على شكل جداول وانهار تستطيع أن تخرب الطريق وتجرفها وتعمل على تأكلها وانهيارها، إن لم تتم حماية الطريق من هذه المياه.
ومما سبق يتبين ضرورة تصريف المياه على الطريق.

ويمكن تلخيص أهم الأسباب التي تدعو إلى تصريف المياه في النقاط التالية:

- ☒ زيادة نسبة الرطوبة يتسبب في تقليل قوة تحمل الرصف، وهذا يسبب زيادة عدم الاستقرار، وهذا ينعكس على قطاع الرصف ككل.
- ☒ زيادة نسبة الرطوبة تؤدى إلى تغيرات ملحوظة في حجم بعض أنواع التربة، وأيضا هذا يؤدي إلى انهيار سريع في قطاع الرصف.
- ☒ تواجد المياه السطحية على أكتاف الطريق و حواف الرصف يتسبب في مخاطر جسيمة قد تتمثل في التعجيل في بانهيار الميول الجانبية للطريق، حيث تقل قوى القص بينما تزداد القوة المسببة لإنزلاق الميول.
- ☒ في مناطق الصقيع و في حالة وجود المياه الأرضية قريبة من قطاع الرصف، يتعرض الطريق إلى حركة للأعلى خلال الشتاء، نتيجة لتجمد المياه وزيادة حجمها، وهذا يساعد في تشقق الرصف ويعجل بانهياره.

- ☒ في حالة الجسور العالية ويتسبب سريان المياه السطحية في تآكلها والتعجيل في انهيارها نتيجة للنحر الشديد الذي قد تتعرض له.

٨-٣- العوامل اللازم أخذها بعين الاعتبار عند تصريف مياه الطريق:

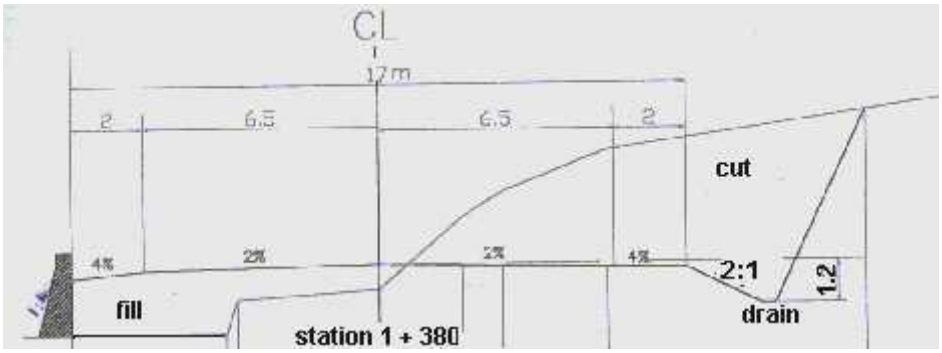
- ☒ تصريف الماء عن سطح الطريق وذلك بعمل ميلان في سطح الطريق (Cross Slope) و تكون نسبة الميلان عادة 2% وتزداد كلما كان السطح خشنا، أما ميلان سطح الطريق عند المنعطفات (التعلية – Super Elevation)، فيكون باتجاه واحد.
- ☒ يجب أن لا يزيد منسوب المياه الأرضية عن حد معين بالنسبة لأوطئ نقطة لقطاع الرصف و المسافة الرأسية بين المنسوبين يجب أن لا تقل عن 1.2 متر
- ☒ قطع الطريق أمام المياه السطحية المتجهة من الأراضي المحيطة إلى حرم الطريق.
- ☒ تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الانحدار الكافي لتصريف المياه.
- ☒ 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.
- ☒ يجب أن يكون قطاع المصارف الجانبية المكشوفة ذات سعة وانحدار طولي مناسبين لصرف المياه المتجمعة.
- ☒ يجب أن لا تتسبب المياه السطحية المارة على سطح الطريق وعلى الميول الجانبية في تكوين حفر عرضية أو نحر بالتربة.
- ☒ العمل على عدم وصول المياه للطريق من التلال و المساحات القريبة من المنطقة، وذلك بعمل أفنية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.
- ☒ بناء الاطاريف و البالوعات اللازمة في جمع وتصريف المياه.

٨-٤- أنواع صرف المياه:

٨-٤-١- 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 المشروع.



الشكل (٨-١) مقطع عرضي لطريق يبين فيه عملية صرف المياه عن الطريق

تجميع المياه السطحية:

قبل إجراء عملة تصميم العبارة أو الجسر، ويعنى بتصميم العبارة هي تحديد سعتها بالإضافة إلى تصميم قوتها، ولمعرفة سعتها يجب تقدير كميات المياه التي ستصل إليها ولمعرفة ذلك لا بد من القيام بعملية مسح مائي وهذا يتلخص بما يلي:

١- تحديد مساحة الأراضي التي تزود العبارة أو الجسر بالماء وهي المساحة المجاورة للطريق المراد إنشائه والتي تتساقط عليها الأمطار.

٢- تقدير كمية الماء التي تسقط على تلك المساحة على مدار السنة.

٣- تحديد معامل الانسياب السطحي(Run-off) وهو نسبة الماء الذي ينساب على سطح العبارة من مجموع المياه التي تهطل على تلك الأرض، لان كميات الأمطار التي تهطل على تلك المنطقة لا تصل جميعها إلى العبارة وذلك نتيجة لامتصاص الأرض نسبة معينة من هذه المياه والجدول (٨-١) يبين نسبة الامتصاص بالاعتماد على نوعية التربة المحيطة بالعبارة ومنها يتم التعرف على ما يصل إلى العبارة من مجموع المياه المتساقطة.

الجدول (٨-١)نسبة امتصاص أنواع مختلفة من التربة للمتر المكعب الواحد

نوع الأرض	نسبة الانسياب السطحي
رصفه غير مسامية	٠.٧٥-٠.٩٠
رصفه مسامية	٠.٦٥-٠.٨٠
رصفه مكدام	٠.٢٥-٠.٦٠

ارض رملية	٠.١٥-٠.٣٠
ارض حصوية	٠.٢٠-٠.٤٠
ارض طينية	٠.٣٥-٠.٧٥
ارض داخل المدن	٠.٦٠-٠.٨٠
منطقة سكنية	٠.٥٠-٠.٧٠
مناطق ريفية	٠.١٥-٠.٣٠

إن هذه الأرقام تعني انه إذا سقط متر مكعب من الماء على رصفه مسامية فان مقدار ما ينساب من هذه الكمية يتراوح ما بين ٠.٧٥-٠.٩٥ من المتر الكعب الواحد.

إن الهدف من كل ذلك هو التعرف على كميات الماء التي ستمر في العبارة بشكل تقريبي لكي يتم تحديد حجم العبارة المناسب لاستيعاب هذه المياه، بحيث لا تكون العبارة اكبر من المطلوب فتكلفنا مصاريف كبيرة بدون مبرر، ولا تكون العبارة صغيرة بشكل لا تستوعب المياه مما يهدد الطريق بالانجراف.

٨-٤ -٢ الصرف المغطى

يرجع التغير في كمية الرطوبة بالتربة على تذبذب سطح المياه الأرضية وتسرب المياه الأرضية وتسرب مياه الأمطار وحركة المياه الأرضية بالخاصية الشعرية أو التبخر، وفي حالة استخدام الصرف المغطى فإن التغير في نسبة الرطوبة بالتربة يبقى في حدود ضيقة جدا، ومع ذلك يتم صرف المياه الأرضية المتحركة تحت نطاق الجاذبية الأرضية فقط باستخدام المصارف المغطاة، وهذا النوع من المصارف يستخدم في المناطق السكنية، حيث تعمل على تجميع المياه المتساقطة على الطريق ومن خلال هذه المصارف يتم نقل المياه إلى مناطق تصريفها، وهذا النوع بالإضافة إلى العبارات سيتم استخدامه في المشروع.

٨-٥ 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 اختيار المواسير الخرسانية لما لها من فوائد ومميزات مثل:

١- 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.

٢- إذا كان ارتفاع الردم في الطريق قليلا فإنه يصعب بناء عبارة الصناديق ويصبح من الأنسب وضع عبارة المواسير الخرسانية.

٣- قد تكون الفتحة المطلوبة صغيره جدا لا تحتاج لأكثر من عبارة المواسير.

٤- من الممكن وضع عبارة المواسير بشكل مؤقت وتغيير مكانها ونقلها والاستفادة منها في مواقع أخرى.

٥- إذا أردنا إنشاء عبارة على طريق مطروق ولا نريد تعطيل السير عليه فإن عبارة المواسير تحقق الغرض حيث يتم وضعها وإجراء الطم فوقها وفتح الطريق للسير بسرعة أكبر مما لو أردنا وضع عبارة الصناديق.

٨-٥-١-بناء العبارة:

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

يعتمد طول العبارة على عرض جسم الطريق وميوله الجانبية، كما يعتمد على انحدار العبارة والزاوية التي تصنعها مع محور الطريق، لهذا فإن العبارات على الطريق الواحد تختلف أطوالها تبعا لهذه الظروف، يجب 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 انخفض 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 الطم الترابي.

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

وبالنسبة للطريق الذي نعمل على تصميمه، رأينا من المناسب أن يتم وضع عبارة على طول الطريق، وتم هذا الاختيار بناءا على الميول الرأسية للطريق، حتى يكون تصريف المياه السطحية بصوره سليمة وفعالة، حيث يتم تصريف هذه المياه من خلال العبارة إلى الوادي المجاور للطريق، حيث يمكن الاستفادة من هذه المياه من الناحية الزراعية وري المزروعات والأرض هناك.

فالعبارة تقع على المحطة (٠+٧٢٠)، حيث من المتوقع إن كمية المياه المتدفقة إليها ستكون كبيرة نوعا ما ، لذلك سنحتاج إلى عبارة صندوق في هذه المنطقة.

أما النواحي التصميمية لهذه العبارات، من حيث الأقطار والأبعاد والتسليح والأمور الإنشائية الأخرى فهي متروكة للمهندس الإنشائي الذي يقوم بهذه المهمة.

٨-٥-٢ تهيئة أرض العبارة:-

يجب عمل انحدار 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 منحدرة، أما إذا زادت حدة الانحدار لدرجة زيادة سرعة التدفق، فإنه لا بد من تخفيض هذا الانحدار 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 انسياب الماء بشكل تدريجي، وحتى لا تحدث إنجرافات إذا سقط الماء من سطح عال.

٨-٥ -٣ 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 خول 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 توجيهه نحو جوانبها مما يؤدي إلى تخريبها، وعند المخرج تعمل الأجنحة كممر انتقالي من العبارة إلى مجرى الماء، حيث يقوم الجناح والأرضية بحماية الطريق من الماء حتى لا تتسرب إلى جسم الطريق أو تقو

بجرف الأرضية والتسبب في انهيار الطريق. كما أن الأجنحة توقف انهيار جسم الطريق وتساعد على التقليل من طول العبارة مع بقاء عرض سطح الطريق ثابتا.

٨-٦ الطمم فوق العبارة:

بعد الانتهاء من بناء العبارة والأجنحة يتم الطمم على جوانب العبارة وفوقها وطبقات ترابية حصوية خالية من الدبش والحصى الكبيرة مع الرش بالماء والرك اليدوي بالمطبات، حيث يتم تغليف العبارة بغلاف يصل في سماكته إلى (٥٠)سم وذلك لحماية العبارة من الحجارة والآلات أثناء عملية إنشاء الطريق.

٨-٧ الأقنية 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 فانه يتم عمل قناة موازية للطريق لتجري المياه فيها قبل وصولها إلى الطريق ومن ثم تصريفها إلى منطقة العبارة.

٨-٨ حماية الطريق

بعد بناء العبارة وبناء أجنحتها ومدخلها ومخرجها فانه لا بد من حماية جسم الطريق من المار 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 الانجراف الأخرى، هناك عدة إجراءات يتم اتخاذها لحماية الطريق منها:

١- حماية الخنادق الجانبية من الانجراف برصفها بالحجارة أو صبها بالخرسانة أو زرعها بالحشائش أو تزفينها.

٢- بناء رصفه من حجارة أو صبة خرسانة أو تزفيت جوانب الطريق وميولها الجانبية.

٣- بناء درج من خرسانة أو رصفه عند مخرج العبارة.

٤- بناء جدران استنا دية من خرسانة أو دش في أقفاص(Gabion) لصد اندفاع المياه.

٥- بناء وعمل اقنية بعيدة عن الطريق لتحويل المياه أو منعها من الدخول إلى الطريق.

الفصل التاسع

الإنارة على الطريق

٩-١ إضاءة الطرق:

إن اضاءه الشوارع تخفض من حوادث الطرق كما تساعد الاضاءه السائق على قيادة سيارته في الليل بنفس السرعة التي يقود بها نهارا، مما يقلل من وقت الرحلة، كما إن التوفير في الوقت والتخفيض من الحوادث لهما مردود اقتصادي، والاضاءه مفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالاضافه إلى أنها ضرورية للنواحي الامنيه، من هنا جاءت أهمية الاضاءه على الطريق.

٩-٢ المواصفات العامة للإضاءة:

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

١. الاهتمام بمكان أعمدة الإضاءة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق أو على الأرصفة فقط أو على الأرصفة والجزيرة معا.
٢. الاهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعات وأطوال أذرعتها والمسافات بينها.
٣. الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة حيث إن لكل نوع مزاياه ونواقصه، فبعض المصابيح يتأثر بالأمطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج إلى صيانة مستمرة.

٤. 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.
٥. الاهتمام بتوزيع الإضاءة حيث إن الإضاءة يجب أن توزع بانتظام لأن ذلك يقرر توزيع الأعمدة وأبعادها وقوة المصابيح.

٩-٣ مواصفات المصابيح والفوانيس المستخدمة في الطرق:

يجب أن تكون فوانيس الإنارة متينة ومتجانسة وقياسية واقتصادية، والحوامل جيدة وذات عواكس وغطاء شفاف غير قابل للاحتراق ومقاوم للحرارة إضافة إلى دواة المصباح ومرابط الأسلاك ومانعات الصواعق عند طلبها مع مشعل ضمن الفانوس وخارجه وخلية كهر وضوئية للتحكم ويجب أن تكون الفوانيس محكمة الإغلاق بحيث لا يدخلها الغبار والأتربة والأوساخ أو أية مواد أخرى تقلل من فاعلية الإنارة ويجب أن تكون المار التي تتألف منها المصابيح متينة وتتحمل الحرارة بين (-٥٠ـ٥٥)درجة مؤية ويجب أن تكون الفوانيس من النوع الحاجبcut off بدون أن تسبب أي بهر.

٩-٤ أنواع المصابيح الرئيسية:

١. مصابيح التنجستن (Tungsten Filament).
٢. مصابيح الصوديوم (Sodium Vapour).
٣. مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent).
٤. المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) .

ولكل نوع من الأنواع السابقة خصائص مميزة وسوف تشرحها باختصار في الفقرة التالية:

- **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 لان توهجها مناسب للعين ولا يسبب أي إزعاج لمستخدمي الطريق، وسوف نستخدم هذا النوع في تصميم الإضاءة في المشروع.

- **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:

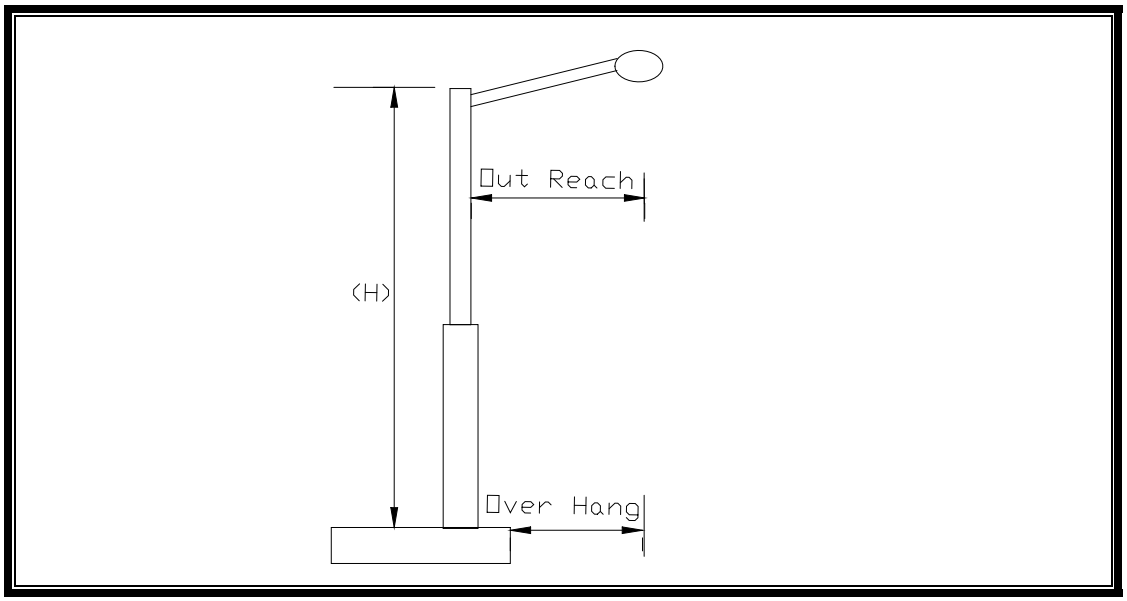
١. المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود(.Out Reach)

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

٣. المسافة بين العامود والعامود الذي يليه (.Spacing)

٤. ارتفاع العامود عن سطح الأرض(H).

كما هو موضح في الشكل (٩-١):



شكل (٩-١)عناصر أعمدة الإضاءة على الطرق.

٩-٥ مواقع أعمدة الإنارة:

العنصر الأول الواجب تحقيقه في مواقع أعمدة الإنارة هو السلامة، وعلى المهندس المصمم أن يقلل ما أمكن المصادمات التي تقع بسبب وجود هذه الأعمدة بحيث يجب إقلالها إلى الحد الأدنى الممكن فيما إذا كانت في منتصف الطريق، أما إذا كانت على الأطراف فانه من الممكن زيادتها حسب الاستطاعة بحيث توضع خلف حواجز الحماية المعدنية.

٩-٦ ترتيب الأعمدة على الطريق:

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

١- ترتيب الأعمدة على جهة واحدة من الطريق:

بحيث أن تتحقق المعادلة التالية:

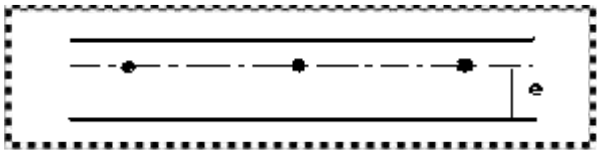
$$h > e$$

حيث :

h:ارتفاع العمود.

e:عرض الطريق.

والشكل(٩-٢)يبين ذلك.



شكل(٩-٢) ترتيب الأعمدة من جهة واحدة.

٢- ترتيب الأعمدة في الجزيرة الموجودة في وسط الطريق.

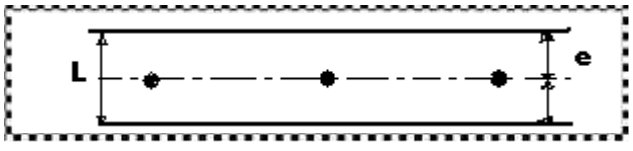
بحيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L < 1.5*h$$

حيث :

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

والشكل(٩-٣)يبين ذلك.



شكل(٩-٣) توزيع الأعمدة على الجزيرة الوسطى

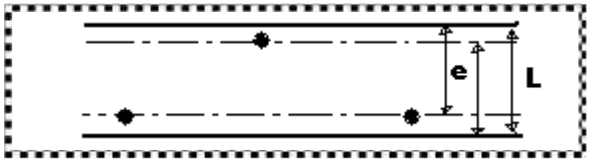
٣- ترتيب الأعمدة بشكل تعاقبي(ترنحي).

بحيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$h < e$$

$$L < 1.5*h$$

والشكل (٩-٤)يبين ذلك.



شكل (٩-٤) توزيع الأعمدة بشكل تعاقبي

٤- ترتيب الأعمدة بشكل تقابلي.

بحيث أن تتحقق المعادلة التالية:

$$L > 1.5*h$$

$$h > L/2$$

والشكل(٩-٥) يبين ذلك.

شكل(٩-٥) توزيع الأعمدة بشكل تقابلي

وارتفاع الأعمدة الشائع استعمالها هو (7.5, 10, 12 متر) ،والمسافة بين مركز المصباح والرصيف هي (1.5, 2, 2.5متر) على التوالي.

٩-٧ زيادة تباعد أعمدة الإنارة:

يمكن إنقاص فرص الحوادث على الطريق بزيادة التباعد بين الأعمدة، كما يمكن أن توضع الفوانيس فوق خط السير أو على الأقل فوق كتف الطريق بواسطة مد اذرعه للسواري أو الأعمدة على انه لا يسمح باستخدام اذرع غير قياسية

٨-٩ خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق:

نصنف الطرق حسب درجتها:

A1: طريق رئيسية بين المدن.

A2 : طريق محلية داخل المدن.

A3 : طريق ريفية.

وقد تم تصنيف الطريق في المشروع كطريق محلي داخل المدينة.

من الجدول التالي نأخذ المعلومات اللازمة للتصميم:

جدول(٩-١) المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة

Group	ارتفاع العامود (H)	عرض الطريق(e)										
		7.62	9.14	10.69	12.00	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	المسافة بين الرصيف ومركز المصباح
		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

ملاحظة: تم اعتماد ارتفاع العامود المستخدم في التصميم (٧.٦٢متر)، وحيث أن عرض الطريق(١٢ متر).

من الجدول (٩-١) تبين أن المسافة اللازمة بين كل عامود والذي يليه هي(22.9متر).
لتحديد الطريقة التي نريد ترتيب الأعمدة على أساسها نطبق المعادلات الخاصة بالطريقة التقابلية للترتيب، فإذا تحققت نعتمد الطريقة التقابلية في ترتيب الأعمدة:

$$L = ١٢\ m$$

$$e = ٩m$$

$$h = ٧.٦٢\ m$$

$$L > 1.5h$$

$$12>11.43$$

$$h > L/2$$

$$7.62>6$$

يتبين من كل ما سبق أن:

ارتفاع العمود(7.62m)

المسافة بين كل عمود والذي يليه(22.9m)

المسافة بين مركز المصباح والرصيف(1.82m)

بناءا على النتائج الموجودة نعتمد ترتيب الأعمدة بشكل تقابلي

الفصل العاشر

الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

١٠-١ تجربة بروكتور(Proctor Test):-

١٠-١-١ 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 بالآت 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 تدريجيا. و هذه النقطة سميت الكثافة العظمى (Maximum density). ونسبة الماء التي تعطي أعلى كثافة (الكثافة العظمى) سميت بنسبة الماء المثالية Optimum moisture content.

١٠-١-٢ الهدف:-

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

١٠-١-٣ تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test):-

إن مبدأ التجربة يقوم على أساس دمك التربة بداخل اسطوانة معدنية و هي ما يسمى بـ (قالب بروكتور) و يكون قطر الاسطوانة 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.

١٠-١-٤ الأدوات المستخدمة:-

- قالب بروكتور القياسي مع الغطاء المتحرك.
- مطرقة بروكتور القياسية(5 باوند)
- وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء مع مسطرين وأداه غير حادة (spatula).
- منخل رقم ¾" و 4".
- جفنات صغيرة وفرن للتجفيف.
- ميزان (سعة 40كغم، دقة 2غم)، ميزان حساس (سعة 1200غم، دقة 0.01غم).

١٠-١-٥ خطوات العمل:-

- توزن الجفنان فارغة و تسجل أرقامها.
- يزن قالب بروكتور مع قاعدته فارغا ويسجل وزنه .
- بعد تحضير العينة، تنخل على منخل رقم 4".

- بناءاً 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 لثقلها كما يجب أن تصل المطرقة إلى جميع أجزاء سطح العينة. تكرر بحيث نقوم ب25ضربة على الثلاث طبقات.
- يزال غطاء قالب بروكتور ويمسح ما يزيد عن وجهة القالب من العينة المرصوصة باستعمال أداه
- غير حادة (Spatula) ويسوى سطح القالب.
- توزن العينة مع القالب ويسجل الوزن. تزال العينة من القالب بالأزميل أو باستعمال جهاز إخراج العينات. تأخذ عينة من وسط القالب ومن طرفيه في جفنه وتزن الحفنة مع العينة ثم توضع في الفرن لمدة ٢٤ ساعة لتزن الحفنة مع العينة المجففة في اليوم التالي.
- تعاد العينة إلى وعاء الخلط وتحرك جيداً وتزاد كمية الماء في العينة ثم يملأ القالب مرة ثانية وتعاد
- الخطوات السابقة.
- تكرر العملية كل مرة نزيد فيها نسبة الماء حتى يبدأ وزن القالب مع العينة بالنقصان.

٦-١-١٠ المعادلات الخاصة بالتجربة:-

نسبة الرطوبة = وزن الماء ÷ وزن العينة جافة.

وزن الماء = وزن الجفنة مع العينة رطبة – وزن الجفنة مع العينة جافة.

وزن العينة جافة = وزن الجفنة مع العينة جافة – وزن الجفنة.

الكثافة الرطبة = وزن العينة رطبة ÷ حجم العينة (حجم العينة = حجم قالب بروكتور).

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة ÷ (1+ نسبة الرطوبة).

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

١٠-١-٧ الحسابات والنتائج:-

تظهر قيمة الكثافة الرطبة والكثافة الجافة و كافة المعلومات الأخرى لطبقة الأساس. وتظهر قيمة نسبة الماء المثالية في الشكل (٩-١).

مثال:

إرتفاع القالب = ١١.٦٢سم.

قطر القالب = 15.2 سم

حجم القالب = (4÷D²л) ×الإرتفاع = 2107.5 سم٣.

حجم العينة = حجم القالب .

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

الكثافة الرطبة = كتلة التربة الرطبة ÷ الحجم = 4232 ÷2107.5 = 2غم/سم٣ .

نسبة الرطوبة = وزن الماء ÷ وزن العينة الجاف = 10.83 ÷135.54 =7.99%

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة ÷(١+نسبة الرطوبة) = 2 ÷(1+.0799) =1.852 غم/سم٣.

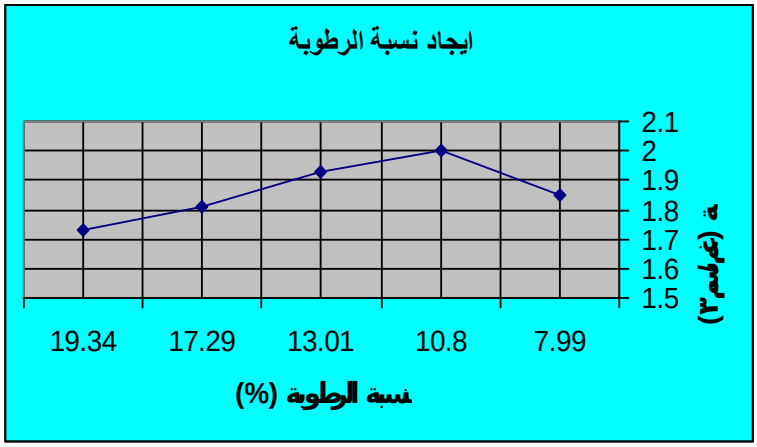
جدول(10-1) الكثافة الرطبة لطبقة (Sub-Base Course)

رقم الاختبار (Test No)	1	2	3	4	5
نسبة الماء المضافة (ml)	3%	3%	3%	3%	3%
وزن القالب+العينة (gm)	13874	14322	14246	14100	14014
وزن القالب (gm)	9643	9643	9643	9643	9643
وزن العينة (gm)	4232	4680	4604	4468	4372
الكثافة الرطبة (gm/ cm³)	2.00	2.22	2.18	2.12	2.07

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

رقم الحفنة	1	2	3	4	5
وزن الحفنة+التربة الرطبة(gm)	178.55	161.37	183.78	164.71	183.42
وزن الحفنة+التربة الجافة (gm)	167.72	148.74	166.16	145.05	158.11
وزن الحفنة فارغة (gm)	31.66	31.89	30.73	31.74	30.52

وزن الماء المتبخر (gm)	10.83	12.63	17.62	19.67	25.31
وزن التربة الجافة (gm)	135.54	116.85	135.43	113.76	127.59
نسبة الرطوبة (wc%)	7.99	10.8	13.01	17.29	19.34
الكثافةالجافة (gm/ cm³)	1.85	2.00	1.93	1.81	1.73



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

أقصى كثافة جافة(maximum density) = 2.00غم/سم^3.

نسبة الماء المثالية(Optimum moisture content) = 11 %.

- وبنفس الخطوات السابقة تم إجراء تجربة بركتور المعدلة الخاصة قي (Base Course):

نسبة الرطوبة = وزن الماء ÷ وزن العينة جافة.

وزن الماء = وزن الجفنة مع العينة رطبة – وزن الجفنة مع العينة جافة.

وزن العينة جافة = وزن الجفنة مع العينة جافة – وزن الجفنة.

الكثافة الرطبة = وزن العينة رطبة ÷ حجم العينة (حجم العينة = حجم قالب بروكتور).

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة ÷ (1+ نسبة الرطوبة).

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

مثال:

إرتفاع القالب = ١١.٦٢ سم .

قطر القالب = 15.2 سم.

حجم القالب = (4÷D²л) ×الإرتفاع = 2107.5 سم٣.

حجم العينة = حجم القالب .

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

الكثافة الرطبة = كتلة التربة الرطبة ÷ الحجم = 4774 ÷ 2107.5 = 2.265غم/سم٣ .

نسبة الرطوبة = وزن الماء ÷ وزن العينة الجاف = 2.9 ÷ 125.3 =. 023. 0

الكثافة الجافة = الكثافة الرطبة ÷(١+نسبة الرطوبة) = 2.265÷(1+.023) =2.214 غم/سم٣.

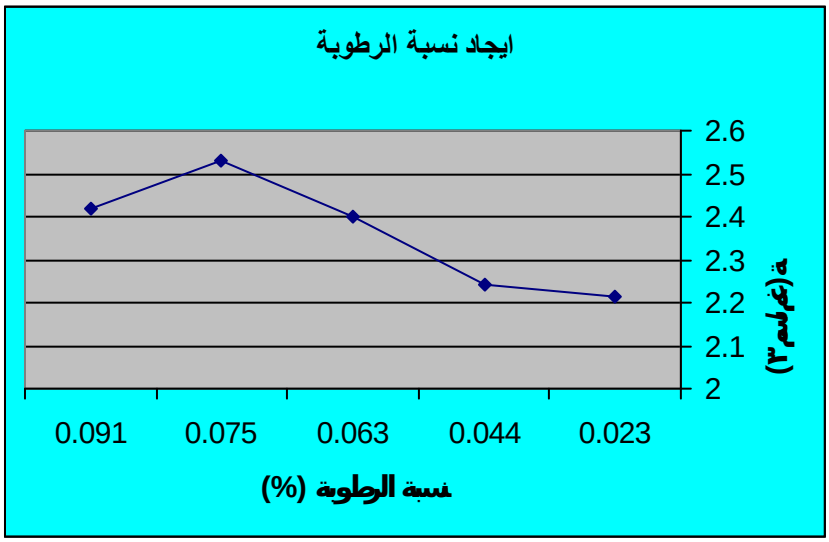
جدول(10-3) الكثافة الرطبة لطبقة (Base Course)

رقم الاختبار (Test No)	1	2	3	4	5
نسبة الماء المضافة (ml)	3%	3%	3%	3%	3%
وزن القالب+العينة (gm)	14416	14578	15020	15372	15202
وزن القالب (gm)	9642	9642	9642	9642	9642
وزن العينة (gm)	4774	4936	5378	5730	5560
الكثافة الرطبة (gm/ cm³)	2.265	2.342	2.55	2.718	2.638

جدول(10-4) الكثافة الجافة لطبقة (Base Course)

رقم الحفنة	1	2	3	4	5
وزن الحفنة+التربة الرطبة(gm)	155.2	154.8	175.3	156.7	193.00
وزن الحفنة+التربة الجافة (gm)	152.3	149.5	166.8	148.00	179.5

وزن الحفنة فارغة	(gm)	27.00	29.3	32.2	31.5	31.6
وزن الماء المتبخر	(gm)	2.9	5.3	8.5	8.7	13.5
وزن التربة الجافة	(gm)	125.3	120.2	134.6	116.5	147.9
نسبة الرطوبة	(wc)	.023	.044	.063	.075	.091
الكثافةالجافة	(gm/ cm³)	2.214	2.243	2.398	2.530	2.418



شكل(10-2) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة Base Course

أقصى كثافة جافة(maximum density) = 2.53غم/سم³.

نسبة الماء المثالية(Optimum moisture content) = 7.5 %.

١٠-٢-١٠ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test):-

١٠-٢-١-١ مقدمة:-

تعرف تجربة CBR بأنها معرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس أسطواني مساحة مقطعة ١٩٤٠ملم٢ 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 20ملم.

١٠-٢-١- ٢ الهدف:-

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

١٠-٢-١-٣ الأدوات المستخدمة:-

- منخل رقم 20 ملم (3/4").
- قالب معدني إسطواني قطرة الداخلي 152 ملم وإرتفاعه الداخلي 178 ملم مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة إضافية إرتفاعها 50 ملم.
- مكبس إسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963 ملم٢ وطول 250 ملم.
- جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم ، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.

- مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 4.54كغم(10باوند).
- ميزان يزن لغاية 25 كغم.

٤-٣-١٠ طريقة العمل:-

- تنخل كتلة من العينة على منخل رقم ¾". المحجوز على المنخل يتم إستبداله بنفس الكمية المارة من منخل رقم ¾" ومحجوزة على منخل رقم 4".
- تضاف كمية من الماء إلى العينة في وعاء يمنع التبخر لمدة 24ساعة:
- كمية الماء المضافة =(نسبة الماء المثالية – نسبة الرطوبة)×وزن العينة.
- يجهز القالب الأسطواني الأول (قالب بروكتور المعدل) مع قاعدته، تثبت الحلقة وتوضع ورقة ترشيح في قاع القالب، توزن كتلة من العينة وتقسم إلى خمسة أقسام متساوية بالوزن. يرص كل **قسم بداخل** القالب مع وجود الحلقة 10 ضربات بواسطة مطرقة بروكتور المعدلة (وزن 4.5 كغم وارتفاع هبوطها 45.8 سم)، وتوزع الضربات على سطح الطبقة بشكل منتظم بحيث تكون الطبقة الأخيرة ملامسة للسطح ومرتفعة قليلا عنة تزال الحلقة ويسوى سطح العينة مع وجه القالب بإستعمال سكين غير حادة.
- تعاد الخطوة رقم ٣ لقالبين آخرين ولكن بعدد ضربات
- القالب الثاني: 30ضربة لكل طبقة.
- القالب الثالث: 65 ضربة لكل طبقة.
- بعد عملية الرص تغير القاعدة بقاعدة أخرى وتثبت الحلقة في الجهة الأخرى من القالب. يوضع القالب الأول في جهاز الغرز محتويا على العينة مع وجود القاعدة وسطح العينة إلى الأعلى، وعن طريق غرز المكبس بمعدل1 ملم/ دقيقة يتم تسجيل الحمل عند غرز مقداره (٠.٥ - ١٢) ملم، وأثناء الغرز يجب وضع قرص دائري فوق المادة الجاري تجربتها وثقل هذا القرص يعادل سمك الرصف المنتظر فوق هذه المادة قي الطبيعة.
- تعاد الخطوة رقم ٥ للوجه الثاني للعينة في القالب الأول بعد إزالة القاعدة من الطرف السفلي وتثبيتها في الطرف العلوي للقالب وذلك بإستخدام جهاز إخراج العينات.
- تعاد الخطوة رقم ٥ والخطوة رقم ٦ للقالب الثاني والثالث.
- تم غمر القالب الثاني (٣٠ ضربة) في الماء لمدة أربعة أيام وذلك لحساب نسبة الإنتفاش للتربة.

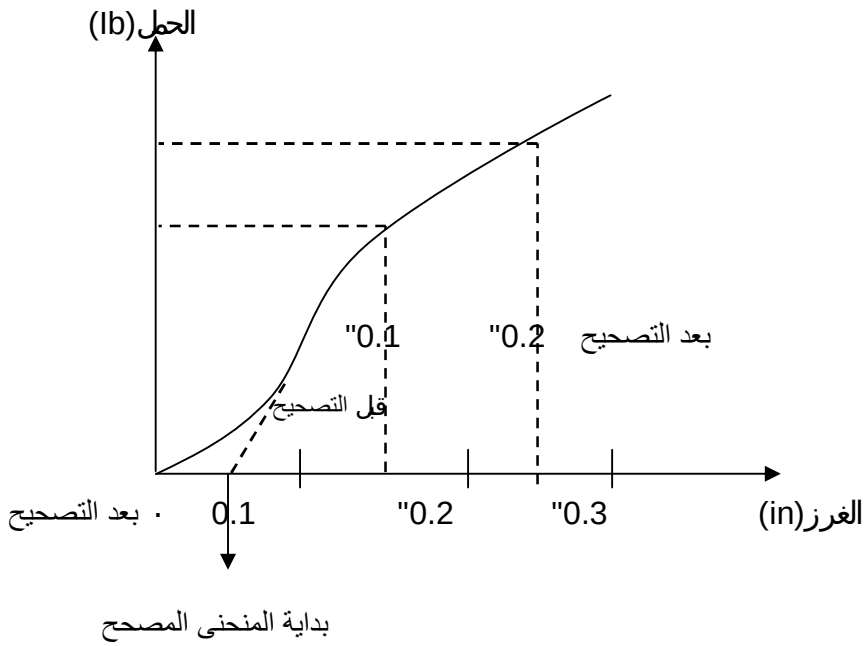
١٠-٢-٥ الحسابات:-

- ❖ يرسم منحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب لاختراق ٢.٥و٥ ملم على التوالي .
- ❖ تحسب قيمة ال CBR عند اختراق 2.5 ملم (0.1").
- ❖ تحسب قيمة ال CBR عند اختراق ٥ ملم (٢.٥ انش)
- ❖ نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) =

(الحمل المسبب لاختراق 0.1" للعينة عند التجربة ÷ الحمل المسبب لنفس الاختراق لعينة قياسية)×100%.

ملاحظة:-

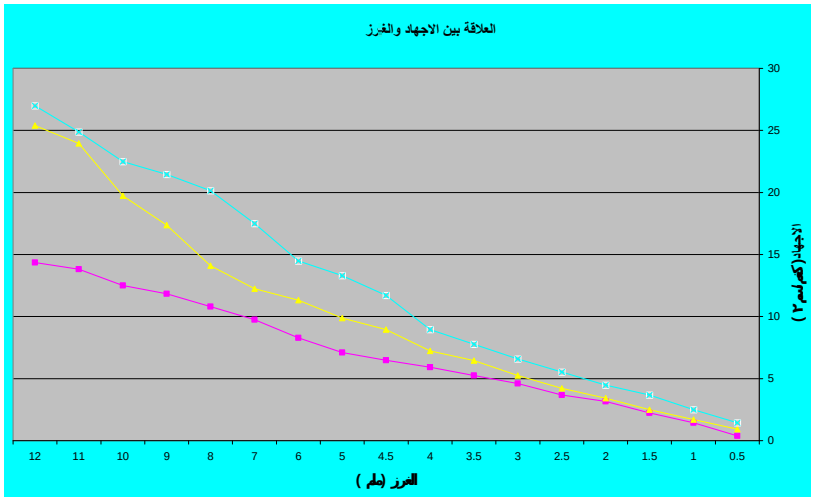
يكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرز وقيمة الحمل المناظر لذلك الغرز متحدباً من الأعلى، في بعض الحالات قد يكون في بداية التجربة مقعراً إلى الأعلى ثم ينعكس وبهذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة أعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الأفقي (محور الغرز) ثم يزاح المنحنى إلى اليسار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



الشكل (10-3) كيفية تصحيح منحنى الغرز

(CBR For sub-grade) (5-10) جدول

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	3	7.62	0.39	7	17.87	0.93	11	27.94	1.45
1.0	11	27.94	1.45	13	33.02	1.71	19	48.26	2.5
1.5	17	43.18	2.237	19	48.26	2.50	28	71.12	3.68
2.0	24	60.96	3.16	26	66.04	3.42	34	86.36	4.47
2.5	28	71.12	3.69	32	81.28	4.21	42	106.68	5.53
3.0	35	88.9	4.61	40	101.6	5.26	50	127	6.58
3.5	40	101.6	5.26	49	124.46	6.45	59	149.86	7.76
4.0	45	114.3	5.92	55	139.7	7.24	68	172.72	8.95
4.5	49	124.46	6.48	68	172.72	8.95	89	226.06	11.71
5.0	54	137.16	7.11	75	190.5	9.87	101	256.54	13.30
6	63	160.02	8.29	86	218.44	11.32	110	279.4	14.48
7	74	187.96	9.74	93	236.22	12.24	133	337.82	17.50
8	82	208.28	10.8	107	271.78	14.1	153	388.62	20.14
9	90	228.6	11.84	132	335.28	17.37	163	414.02	21.45
10	95	241.3	12.5	150	381	19.74	171	434.34	22.50
11	105	266.7	13.82	182	462.28	23.95	189	480.06	24.87
12	109	276.86	14.35	193	490.22	25.4	205	520.7	26.98



الشكل (10-4) (العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد)

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ١٠ ضربات : ٧.٥ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

$$CBR = \left(\frac{7.5}{105.5}\right) * 100\% = 6.74\%$$

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ٣٠ ضربات : ١٠.٠٩ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

$$CBR = \left(\frac{10.09}{105.5}\right) * 100\% = 9.5\%$$

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ٦٥ ضربات : ١٢.٥ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

$$CBR = \left(\frac{12.5}{105.5}\right) * 100\% = 12.61\%$$

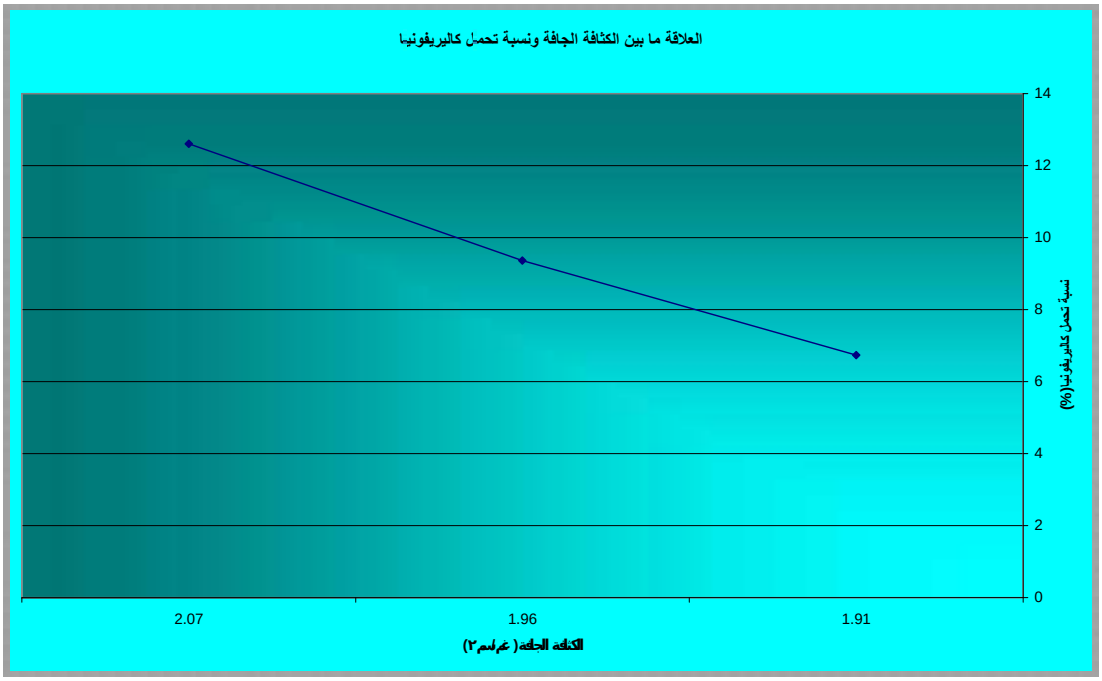
جدول (10-6) (ملخص النتائج)

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	١١		١١		١١	
Dry Density gm/cm^3	١.٩١		١.٩٦		٢.٠٧	
Penetration mm	٢.٥	٥	٢.٥	٥	٢.٥	٥
Stress Kg/cm^2	٤.٩	٧.٥	٤.٩٥	١٠.٩	٦.٣	١٢.٥
CBR(%)	5.25	6.74	5.99	9.5	7.87	12.61

جدول (10-7) قيم الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورنيا للعينات الثلاث من الجهة السفلى

CBR(%)	الكثافة الجافة(غم/سم^3)	عدد الضربات في العينة
6.74	1.91	١٠
9.5	1.96	٣٠
12.61	2.07	٦٥

- ويمكن بعد إيجاد نسبة كاليفورنيا لكل قالب رسم علاقة بين الكثافة الجافة وقيمة نسبة تحمل كاليفورنيا للعينة الموجودة فيه.



الشكل (10-5) العلاقة بين الكثافة الجافة وقيمة نسبة تحمل كاليفورنيا

ومن الشكل السابق أقصى قيمة للكثافة الجافة هي(٢.٠٧غم/سم^{٣}) ، ولتحديد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا(العملية) المستخدمة في التصميم نأخذ (٩٥%) من قيمة أعلى كثافة جافة وهنا تكون هذه القيمة مساوية ل(١.٩٩٦ غم/سم^{٣})

وعند هذه القيمة من الكثافة تكون قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا هي(٩.٣٦%) وهذه القيمة تساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق وهي أيضا مطابقة للمواصفات المعمول بها في فلسطين والأردن، وذلك بالاعتماد على جدول رقم (١٠-8).

وبما أن قيمة CBR اكبر من ٨% لذا يمكن استخدامها كطبقة (Sub grade).

جدول(10-8) المواصفات المطلوبة لقيمةCBR لطبقات الطرق في فلسطين والأردن (١٠).

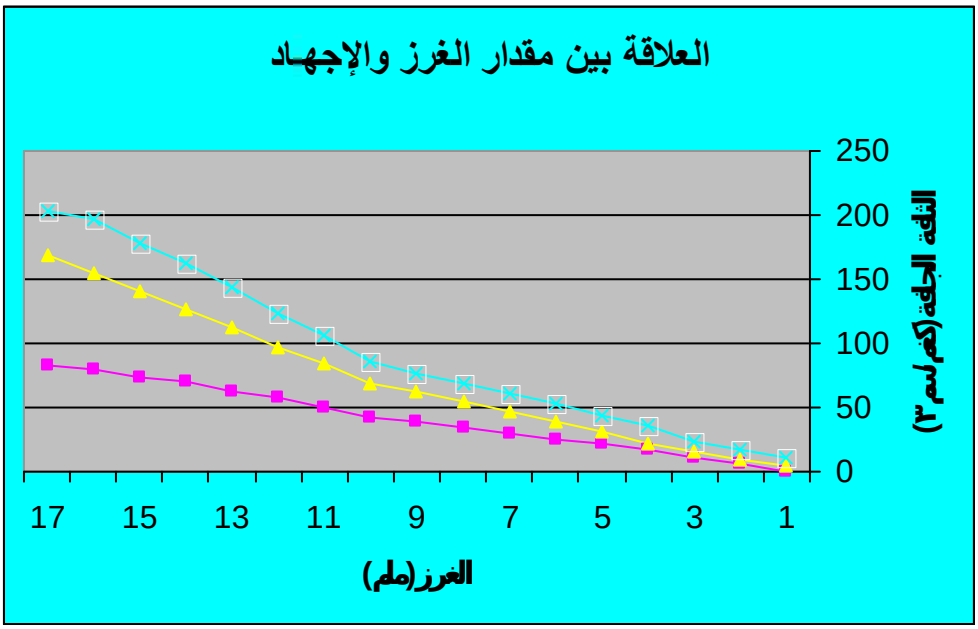
الطبقة	نسبة تحمل كاليفورنيا(%)
طبقة التأسيس(Subgrade)	٨ حد أدنى

أساس مساعد(Sub-base course)	٤٠ حد أدنى
أساس(Base course)	٨٠ حد أدنى

٣-١٠ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة (base-course):-

(CBR For base course) جدول رقم (9 -10)

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	١٦	٤٠.٦٤	٢.١٠٥	٣٩	٩٩.٦٦	٥.١٣	٧٩	٢٠٠.٦٦	١٠.٤٠
1.0	٤٤	١١١.٧٦	٥.٧٩	٧١	١٨٠.٣٤	٩.٣٤	١٤٣	٣٦٣.٢٢	١٧.٧٧
1.5	٨٣	٢١٠.٨٢	١٠.٩٢	١١٣	٢٨٧.٠٢	١٤.٨٧	١٩٧	٤٥٤.٦٦	٢٣.٥٦
2.0	١٢٥	٣١٧.٥	١٦.٤٥	١٧٢	٤٣٦.٨٨	٢٢.٦٤	٢٦٨	٦٨٠.٧٢	٣٥.٢٧
2.5	١٦٧	٤٢٤.١٨	٢١.٩٨	٢٤٢	٦١٤.٦٨	٣١.٨٥	٣٣٠	٨٣٨.٢	٤٣.٤٣
3.0	١٩٤	٤٩٢.٧٦	٢٥.٥٣	٣٠٢	٧٦٧.٠٨	٣٩.٧٥	٣٩٨	١٠١٠.٩٢	٥٢.٣٨
3.5	٢٢٩	٥٨١.٦٦	٣٠.١٤	٣٥٢	٨٩٤.٠٨	٤٦.٣٢	٤٦٤	١١٧٨.٥٦	٦١.٠٧
4.0	٢٦١	٦٦٢.٩٤	٣٤.٣٥	٤١٣	١٠٤٩.٠٢	٥٤.٣٦	٥١٨	١٣١٥.٧٢	٦٨.١٧
4.5	٢٢٩٣	٧٤٤.٢٢	٣٨.٥٦	٤٧٥	١٢٠٦.٥	٦٢.٥١	٥٨٣	١٤٨٠.٨٢	٧٦.٧٣
5.0	٣٢١	٨١٥.٣٤	٤٢.٢٥	٥٢٨	١٣٤١.١٢	٦٩.٤٩	٦٥٨	١٦٧١.٣٢	٨٦.٦٠
6.0	٣٧٦	٩٥٥.٠٤	٤٩.٤٩	٦٣٦	١٦١٥.٤٤	٨٣.٧٠	٨٠٣	٢٠٣٩.٦٢	١٠٥.٦٨
7.0	٤٣٨	١١١٢.٥٢	٥٧.٦٥	٧٤٢	١٨٨٤.٦٨	٩٧.٦٥	٩٣٧	٢٣٧٩.٩٨	١٢٣.٣٢
8.0	٤٧٥	١٢٠٦.٥	٦٢.٥١	٨٥٠	٢١٥٩	١١١.٨٧	١٠٩٣	٢٧٧٦.٢٢	١٤٣.٨٥
9.0	٥٣٤	١٣٥٦.٣٦	٧٠.٢٨	٩٥٦	٢٤٢٨.٢٤	١٢٥.٨٢	١٢٣٠	٣١٢٤.٢	١٦١.٨٨
10.0	٥٥٤	١٤٦٧.١٦	٧٢.٩١	١٠٧٢	٢٧٢٢.٨٨	١٤١.٠٨	١٣٥٩	٣٤٥١.٨٦	١٧٨.٨٥
11.0	٦١٠	١٥٤٩.٤	٨٠.٢٨	١١٧٩	٢٩٩٤.٦٦	١٥٥.١٦	١٤٩١	٣٧٨٧.١٤	١٩٦.٢٢
12.0	٦٣٤	١٦١٠.٣٦	٨٣.٤٤	١٢٨٧	٣٢٦٨.٩٨	١٦٩.٣٨	١٥٤٦	٣٩٢٦.٨٤	٢٠٣.٤٦



شكل (6-10) (العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد)

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ١٠ ضربات : ٤٩.٤٩ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

$$CBR = \left(\frac{49.49}{105.5}\right) * 100\% = 46.9\%$$

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ٣٠ ضربات : ٨٣.٧ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

$$CBR = \left(\frac{83.7}{105.5}\right) * 100\% = 79.34\%$$

الحمل اللازم لغرز ٥mm في هذه العينة ذات ٦٥ ضربات : ١٠٠.٦٨ كغم/سم٢

الحمل اللازم لغرز ٥mm في العينة القياسية: ١٠٥.٥ كغم/سم٢

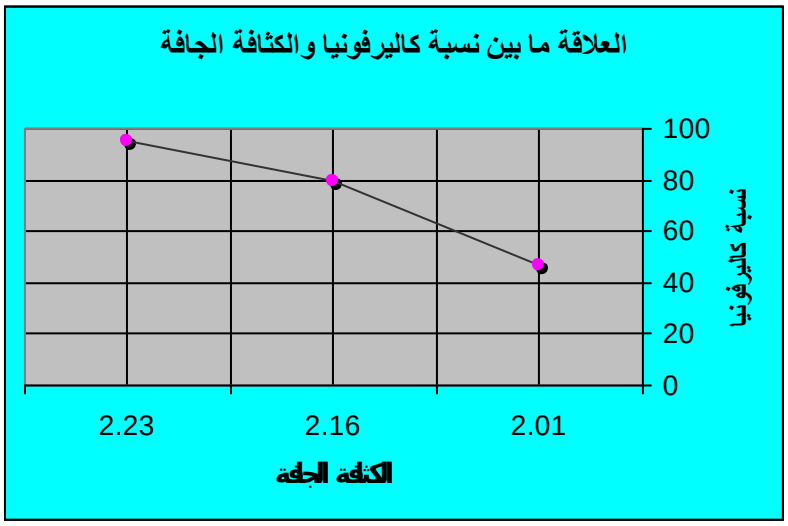
$$CBR = \left(\frac{100.68}{105.5}\right) * 100\% = 95\%$$

جدول (10-10) (ملخص النتائج)

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	٨		٨		٨	
Dry Density gm/cm3	٢.٠١		٢.١٦		٢.٢٣	
Penetration mm	٢.٥	٥	٢.٥	٥	٢.٥	٥
Stress Kg/cm2	٢٥.٥٣	٤٩.٤٩	٣٩.٧٥	٨٣.٧	٥٢.٣٨	١٠٥.٦٨
CBR(%)	٣٦	٤٦.٩	٥٦.٥٤	٧٩.٣٤	٧٤.٥	٩٥

جدول (10-11) قيم الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورنيا للعينات الثلاث من الجهة السفلى

عدد الضربات في العينة	الكثافة الجافة(غم/سم^{٣})	CBR(%)
١٠	٢.٠١	٤٦.٩
٣٠	٢.١٦	٧٩.٣٤
٦٥	٢.٢٣	٩٥



شكل (10-٧) (العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR)

ومن الشكل السابق أقصى قيمة للكثافة الجافة هي(٢.٢٣ غم/سم^{٣}) ، ولتحديد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا(العملية) المستخدمة في التصميم نأخذ (٩٥%) من قيمة أعلى كثافة جافة وهنا تكون هذه القيمة مساوية ل(٢.١٧ غم/سم^{٣})

وعند هذه القيمة من الكثافة تكون قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا هي(٨٣%) وهذه القيمة تساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق وهي أيضا مطابقة للمواصفات المعمول بها في فلسطين والأردن كما هو وارد في الجدول (١٠-٨)

١٠-4 تجربة التدرج الحبيبي:-

١٠-4-١ 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.

١٠-4-١ ٢ 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).

١٠-4-٣ الأدوات المستخدمة:-

- مجموعة المناخل القياسية.
- موازين مناسبة.
- أوعية معدنية.

١٠-4-٤ طريقة العمل:-

- يتم أخذ العينة التي سيجري عليها الفحص من العينة الأصلية بواسطة التقسيم في صندوق الفرز (التقسيم الربعي) وذلك لضمان الحصول على عينة متجانسة وجيدة التمثيل للعينة الأصلية .
- توزن العينة اللازمة للفحص ويعتمد الوزن للعينة على قياس أكبر حبيبة فيها حيث يلزم أخذ أكبر كلما كانت الحبيبات كبيرة أكبر.
- ترتيب المناخل القياسية (ذو الفتحات الأكبر ثم الأصغر) ووضع العينة فيها.
- التنخيل بواسطة اليد أو التنخيل الميكانيكي (التنخيل في هذه التجربة تم بواسطة اليد).

❖ بعد انتهاء التنخيل يؤخذ المتبقي على كل منخل إلى وعاء معدني ثم يوزن بدقة

١٠-4-٥ الحسابات:-

* نسبة المتبقي على كل منخل إلى الوزن الأصلي للعينة (M1).

(وزن العينة على المنخل / وزن العينة الأصلي M1)*١٠٠%.

١٠-4-٦ النتائج:-

منخل رقم (١).

الوزن الكلي للعينة =٣٠٠٠ غم.

الوزن المتبقي = ٣١٧ غم.

نسبة المتبقي= (٣٠٠٠/٣١٧)*١٠٠% =١٠.٥٦

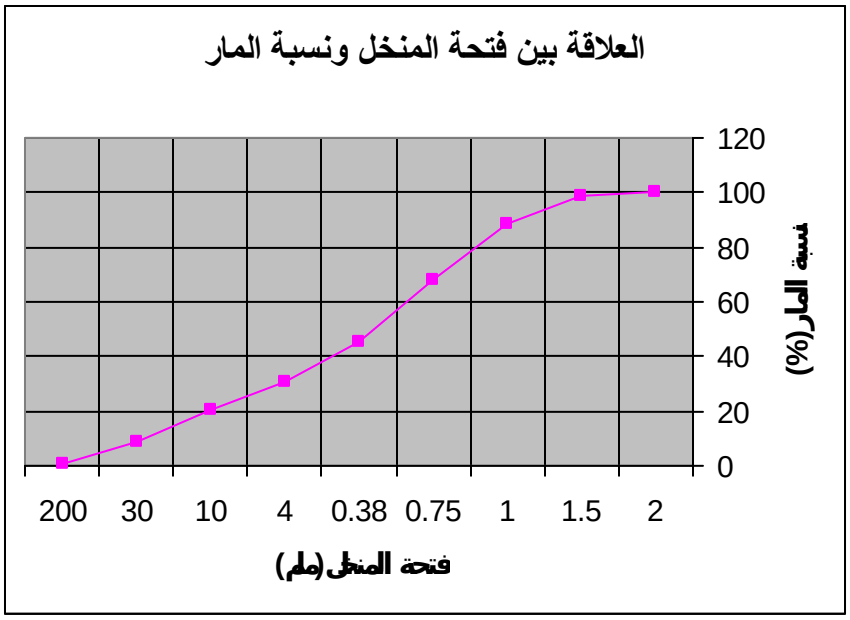
نسبة المتبقي التراكمي = نسبة المتبقي على كل من المناخل (٢+١.٥+١)= ٠+١.١٣+١٠.٥٦= ١١.٦٩.

نسبة المار= ١٠٠%- ١١.٦٩% =٨٨.٣١.

جدول(10-12) التدرج الحبيبي

sieve #	weight retained on each sieve	% weight retained	cumulative % retained	% pass
2	0	0	0	١٠٠
1.5	34	1.13	1.13	٩٨.٨٤
1	317	10.56	11.69	٨٨.٣١
3/4	611	20.36	32.05	٦٧.٩٥
3/8	680	22.67	54.72	٤٥.٢٨
4	427	14.23	68.95	٣١.٠٥

10	٣١٥	١٠.٥	٧٩.٤٥	٢٠.٥٥
30	٣٤٧	١١.٥٦	٩١.٠١	٨.٩٩
200	٢٤٢	٨.٠٦	٩٩.٠٧	٠.٩٣
pan	0	0	99.09	٠
∑	2973	99.0٧	99.0٧	٩٩.٠٧



الشكل (10-٨) العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار

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

١- القطر المؤثر(D_{10}) (**Effective Diameter**) : ويمثل قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته ١٠% من نسبة المار من عينة التربة والمبينة بمنحنى التدريج الحبيبي .

2-معامل الانتظام (C_u)(**Uniformity Coefficient**) : وهو يمثل النسبة بين حبيبات التربة المناظر لما نسبته ٦٠% D_{60} إلى قطر حبيبات التربة المناظر لما نسبته ١٠ % D_{10} من نسبة المار من عينة التربة.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{.....} 1-9 \qquad C_u = \frac{.225}{30} = .0075$$

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

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{.....} \quad 2-9 \qquad C_c = \frac{(4)^2}{30 * .225} = 2.37$$

١٠-٥ الفحوصات على الخلطة الإسفلتية

١٠-٥-١ المقدمة :

يمكن تقسيم أنواع الفحوصات التي تجري على خلطات الرصف الإسفلتية إلى قسمين رئيسين هما :

أ- الفحوصات التي تجري على الخلطات الإسفلتية الغير مدكوكة .

ب- الفحوصات التي تجري على الخلطات الإسفلتية المدكوكة.

أ- الفحوصات التي تجري على الخلطات الإسفلتية الغير مدكوكة أهمها:

- فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي للتأكد من وضع النسب الصحيحة للخلط.
- فحص التدرج للحصمه المفصولة للتأكد من التدرج الشامل للحصمه.
- فحص الكثافة النظرية العظمى(Maximum theoretical density) لإيجاد درجة الرك ونسبة الفراغات الهوائية ونسبة الفراغات الكلية .

ت- الفحوصات التي تجري على المخلوط الإسفلتي المركوك أهمها :-

- فحص الكثافة الحجمية (Bulk Density) لفرض حسابات درجة الرك والفراغات الهوائية.
- فحص الثبات والهبوط (Stability and flow) لفرض تحديد قوة التحمل للخلطة .

- فحص قياس هبوط الطريق بواسطة جهاز جسر بنكمان لغرض إيجاد سماكة طبقات الرصفة الإسفلتية اللازم أضافتها وذلك لإعمال الصيانة.

١٠-٥-٢فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي

١٠-٥-٢-١الهدف :

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

- طريقة القوة الطاردة المركزية
- طريقة الحجرة الزجاجية Jar–Glass
- طريقة السلة والغلاية Kettle and Basket

١٠-٥-٣ طريقة الطرد المركزي

١٠-٥-٣-١ الأدوات المستخدمة:

- جهاز الطرد المركزي ويتكون من وعاء على شكل طاسة قطرها (21 سم) وارتفاعها حوالي (6 سم) تدور 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

- عينة إسفلت غير مركوكة (حوالي 1500 غم).
- فرن تسخين (يعطي لغاية 250°C ، ودقته لاقرب 5°C).
- فرن تجفيف (يعطي 240°C-250°C).
- ورقة ترشيح.
- أقراص فلتر قطرها 9.75 سم.
- مادة مذيبة (بنزين).
- ميزان حرارة.
- ميزان حساس (سعة 1200غم، ودقة0.01).
- كفوف ، صينية .

٢-٣-٥-١٠ طريقة العمل:

- توزن عينة من الخلطة الإسفلتية داخل الوعاء بعد تسخينها لدرجة تسهل مناولتها .
- تضاف كمية من المادة المذيبة إلى العينة ثم تترك وقت كاف حوالي نصف ساعة حتى تتفكك.
- توضع العينة والمذيب في جهاز الطرد المركزي.
- يجفف ويوزن قرص فلتر ويركب فوق حافة الوعاء بعد وضع ورقة الترشيح ثم يوضع وعاء تحت المصرف لجمع المحلول المتصرف ثم يغطى الجهاز.
- يبدأ بالطرد المركزي بالدوران البطيء وبالتدريج تزداد السرعة حتى يتوقف تصرف المحلول من المصرف ثم يوقف الجهاز..
- يضاف (200) سم٣ من المذيب النظيف ثم تعاد الخطوة رقم ٥ .
- تستعمل إضافات (200) سم٣ من المذيب النظيف كل مرة (لا تقل عن ثلاثة مرات) حتى يحصل على محلول متصرف نظيف.
- تخرج العينة مع ورق النشاف من جهاز الطرد المركزي وتوضع في صينية ثم تحرق العينة مع ورقة النشاف في الوعاء مع التحريك .
- توضع العينة في الفرن المجفف لمدة (24) ساعة وتزن في اليوم التالي .

- ❖ توضع العينة في منخل رقم (200) ثم تغسل في الماء للتخلص من المواد العالقة ويستمر في الغسيل
- ❖ حتى يصبح لون الماء نقيا .
- ❖ توضع العينة في وعاء ومن ثم توضع في فرن التجفيف (110) درجة مئوية لمدة (24) ساعة وتزن في اليوم التالي .
  - تنخل العينة على المناخل (1/2" ، 3/8" ، رقم4 ، رقم 8 ، رقم40 ، رقم80 ، رقم200)
  - بعد ترتيبها فوق بعضها البعض من الأصغر إلى الأكبر.
  - يزن المحجوز على كل منخل من المناخل .

١٠-٥-٣-٣ الحسابات:

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

- ❖ وزن العينة الكلي.
- ❖ وزن العينة بعد التجفيف.
- ❖ الفاقد في الوزن (A-B).
- ❖ الوزن الضائع بعد وضع المادة المذيبة (A×0.4)÷100 .
- ❖ وزن البيتومين (C-D).
- ❖ نسبة الإسفلت (A÷E)×100 .
- ❖ وزن الحصمه الجافة الكلي (B+D).
- ❖ وزن الحصمه المتبقي على منخل رقم 200 بعد الغسيل.
- ❖ وزن الحصمه المارة من منخل رقم 200 بعد الغسيل (G-H).
- ❖ وزن الحصمة المارة من منخل رقم 200 بعد التنخيل.
- ❖ وزن الحصمة الكلي المار من منخل رقم 200 (J+K).
- ❖ نسبة المار من منخل رقم 200 (L÷G) ×100 .
- ❖ نسبة المحجوز على المنخل = الوزن المحجوز على المنخل ÷ الوزن الكلي .
- ❖ نسبة المار من المنخل = 100% - نسبة المحجوز على المنخل

١٠-٥-٣-٤ النتائج:

- تظهر قيمة نسبة الإسفلت للمخلوط الإسفلتي في الجدول(٩-١٣).
- نسبة المار من كل منخل لحصمة المخلوط الإسفلتي تظهر في الجدول(٩-١٤).

جدول(10-13) نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي

A: وزن العينة الكلي.	1114.02 غم
B: وزن العينة بعد التجفيف.	1060.3 غم
C: الفاقد في الوزن (A-B) .	53.72 غم
D: الوزن الضائع بعد وضع المادة المذيبة (0.4×A)÷100 .	4.46 غم
E: وزن البيتومين (C-D).	49.26 غم
F: نسبة الإسفلت (E÷A)×100 .	**4.42 %**
G: وزن الحصمه الجافة الكلي (B+D).	1064.76 غم
H: وزن الحصمه المتبقي على منخل رقم 200 بعد الغسيل.	1001.7 غم
J: وزن الحصمه المار من منخل رقم 2000 بعد الغسيل (G-H).	63.06 غم
K: وزن الحصمه المارة من منخل رقم 200 بعد التنخيل.	1.3 غم
L: وزن الحصمه الكلي المار من منخل رقم 200 (J+K).	64.36 غم
M: نسبة المار من منخل رقم 200 (L÷G) ×100 .	**6.04 %**

جدول(10-14) نسبة المار من كل منخل لحصمة المخلوط الإسفلتي

رقم المنخل	وزن المحجوز(غم)	نسبة المحجوز(%)	نسبة المحجوز التراكمية(%)	نسبة المار(%)
"½	0	0	0	**100**
"3/8	18.2	1.709	1.709	**98.3**

رقم 4	288	27.05	28.76	**71.2**
رقم 8	351.2	32.984	61.743	**38.3**
رقم 40	277.8	26.09	87.833	**12.2**
رقم 80	44.9	4.217	92.05	**7.9**
رقم 200	20.3	1.907	93.957	**6.04**

١٠-٥-٤ كثافة قوالب مارشل (الكثافة النوعية الفعلية)

١٠-٥-٤-١ الهدف:

إيجاد الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية.

١٠-٥-٤-٢ الأدوات المستخدمة :

- جهاز مارشال الأوتوماتيكي
- فرن تسخين .
- ميزان حرارة .
- عينات من الإسفلت المخلوط (1200)غم لكل عينة .
- جهاز إخراج العينات.
- كليبر ، ورق نشاف.
- ميزان حساس.
- ميزان السلة الحساس مع حوض ماء.

- كفوف ومسطرين خاص للتحريك .

تعريف جهاز مارشال الأوتوماتيكي :

يستعمل هذا الجهاز لصنع قوالب مارشال الأسطواني الشكل التي قطرها 4" وارتفاعها 2.5" من الخلطات الإسفلتية الساخنة التي لا يزيد اكبر 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 .
وزن المطرقة المستعملة في الجهاز يعادل 4.536 كغم وتسقط على العينة أوتوماتيكيا من ارتفاع 45.72 سم حسب المواصفات الأمريكية .ويعمل هذا الجهاز بجهد 220 فولت وبواسطة محرك قوته 0.5 حصان

٣-٤-٥-١٠ طريقة العمل:

- توضع العينات في فرن التسخين حتى تصل درجة حرارتها لا تقل عن 150 درجة مئوية ، ومن ثم تخرج من الفرن وتحرك جيدا .
- تزن عدد من العينات في حدود 1200 غم لكل عينة وبدرجة حرارة 150درجة مئوية .
- توضع مطرقة مارشال الميكانيكية وقالب مارشال في فرن التسخين حتى تصل درجة حرارتهما إلى 150 درجة مئوية (درجة حرارة العينات)، حتى لا تأثر درجة حرارتهما على حرارة الإسفلت .
- يركب قالب مارشال في جهاز مارشال الأوتوماتيكي ومن ثم توضع العينة الأولى في القالب وتحرك لتسوية سطحها وتوضع ورقة النشاف على وجه العينة .
- تثبت مطرقة مارشال على جهاز مارشال جيدا ومن ثم يشغل الجهاز ليدمك الوجه الأول للعينة 50 ضربة .
- يقلب قالب مارشال في الوجه الآخر للعينة ويدمك 50 ضربة أخرى بعد وضع ورقة النشاف .
- تخرج العينة من القالب بواسطة جهاز إخراج العينات وتزل ورقة النشاف
- يقاس طول العينة بواسطة الكليبر ويسجل الطول .

- تعاد الخطوات السابقة لعينات أخرى من الإسفلت حتى نحصل على 5-6 عينات طول كل منها يقع ضمن الطول(63ملم+ 1.4ملم) ، يتم تقليل الوزن في كل مرة حتى يتم الحصول على الطول المناسب .
- 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 .
- 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.
- يؤخذ وزن العينات بالبرافين في الماء.

١٠-٥-٤-٤ الحسابات:

يتم حساب الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية حسب القانون التالي:

الكثافة النوعية الفعلية للإسفلت = $A \div (((F \div (A-D)) - E - D))$

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)

١٠-٥-٤-٥ النتائج:

- تم عمل إحدى عشر عينة وكان طول كل منها كما هو موضح في الجدول(10-١٥).
- تظهر قيمة الكثافة النوعية الفعلية للإسفلت في الجدول(10-١٦).

جدول(10-15) طول عينات الإسفلت الناتجة بعد عملية الدمك في جهاز مارشال

العينة	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
الطول(ملم)	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(10-16) 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/سم٣)	**2.255**	**2.244**	**2.240**	**2.236**	**2.235**	**2.20**

الفصل الثاني عشر

حساب مساحات الحجوم لكميات الحفر والردم

١٢-١- المساحات:

المقطع العرضي: هو عبارة عن الجزء المحصور بين سطح الطريق المخصص لسطح السيارات وخطي الميلين الجانبيين وخط سطح الأرض الطبيعية، وعادة تؤخذ المقاطع العرضية متعامدة مع محور الطريق.

لذلك فان هذا الفصل يهدف إلى إيجاد كميات الحفر و الردم للطريق المصممة وذلك من خلال معرفة **المساحة** لكل مقطع وذلك حتى يتم الحصول على الحجم فلا نستطيع إيجاد الحجوم بدون المساحة .

هناك مجموعة من الطرق لإيجاد المساحات و لكن في هذا المشروع تم الاعتماد **على** القياسات التي تم أخذها في عملية الرفع في الحقل بالرغم من أنها معقدة و لكنها أكثر دقة.

و يتم إيجاد القياسات من خلال اخذ مقاطع عرضية على طول الطريق و يمثل المقطع العرضي التغيرات العرضية في الطريق وذلك بأخذ المناسيب عند كل تغير و منسوب خط الإنشاء وذلك حتى يتم حساب كافة **المقاطع** . 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 لكافة المقاطع** .

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاثة طرق رئيسة:

- الطريقة الحسابية أو التحليلية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الميكانيكية.

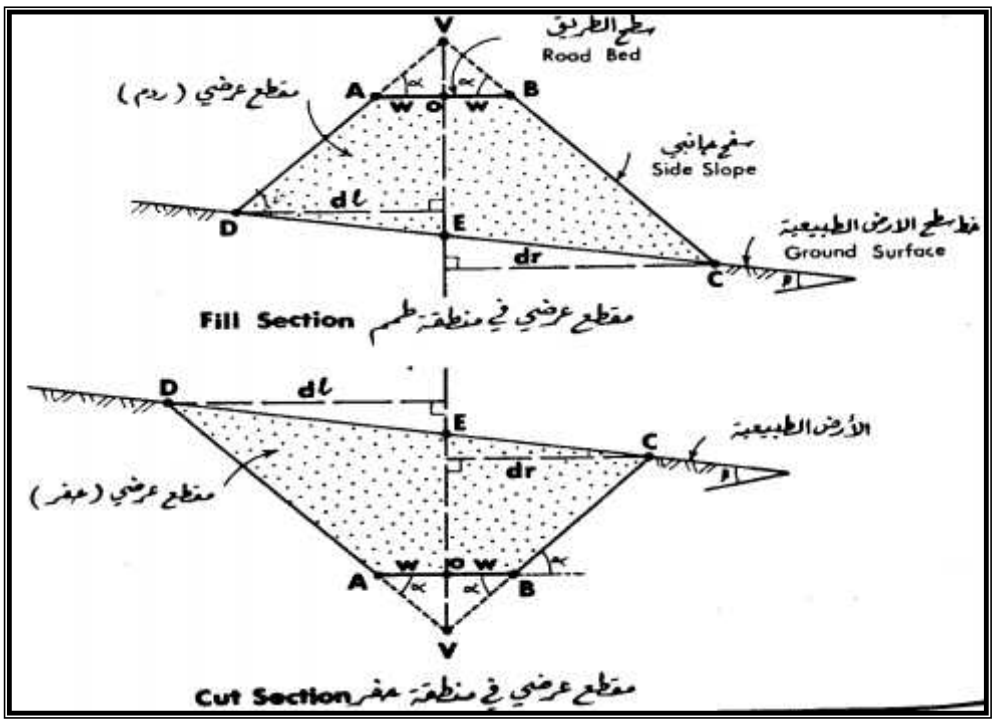
أولا الطريقة الحسابية:

أ. الحالة التي يكون فيها ميل الأرض الطبيعية منتظم بافتراض أن عرض سطح الطريق الصحيح وميل جوانب الطريق وارتفاع الردم أو الحفر عند نقطة وسط الطريق V شكل (١٢-١) فان مساحة المقطع العرضي VBCD تساوي مساحة المثلث الكبير VCD مطروحاً منها مساحة المثلث الصغير VBA أي:-

$$\text{Area} = (v + w * i)\left(dl + dr/2\right) - w^2 * i$$

أو

$$\text{Area} = (v + w * \tan\sim)\left(dl + dr/2\right) - w^2 * \tan\sim$$



شكل (١٢-١): سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل

حيث:

$\sim$ = زاوية ميل جوانب الطريق

d_l = ارتفاع المثلث VDE

d_r = ارتفاع المثلث VCE

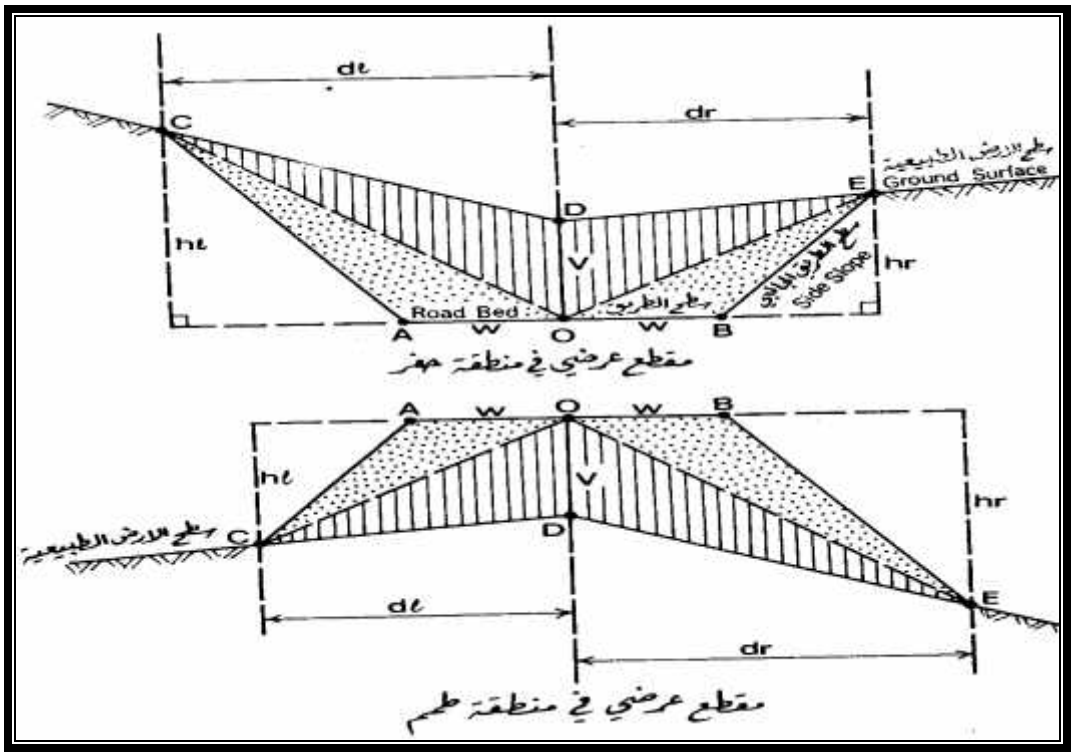
w = نصف عرض الطريق

$v = OE$ = ارتفاع الحفر أو الردم من نقطة وسط الطريق

ب. الحالة التي يكون فيها ميل الأرض الطبيعية غير منتظم وفق الأشكال التالية:

1- منطقة حفر أو ردم من ٣ نقاط كما في الشكل (٢-١٢) تحسب مساحة المقطع العرضي على النحو التالي:-

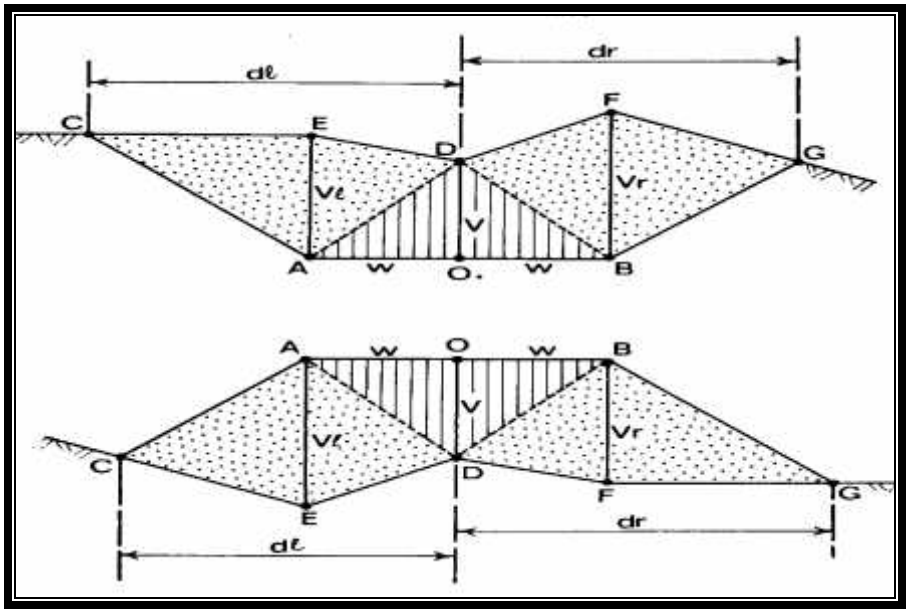
$$\text{Area} = \frac{w}{2}(hl + hr)\frac{v}{2}(dl + dr)$$



شكل (١٢-٢):سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من ثلاث نقاط

2- منطقة حفر أو ردم من ٥ نقاط كما في الشكل (3-12) تحسب مساحة المقطع العرضي على النحو التالي:-

$$\text{Area} = \frac{2w * v + vl * dl + vr * dr}{2}$$



شكل (١٢-٣): سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل **من خمس نقاط**

حيث أن:

= نصف عرض الطريق w

= عمق الحفر أو الردم عند منتصف الطريق v

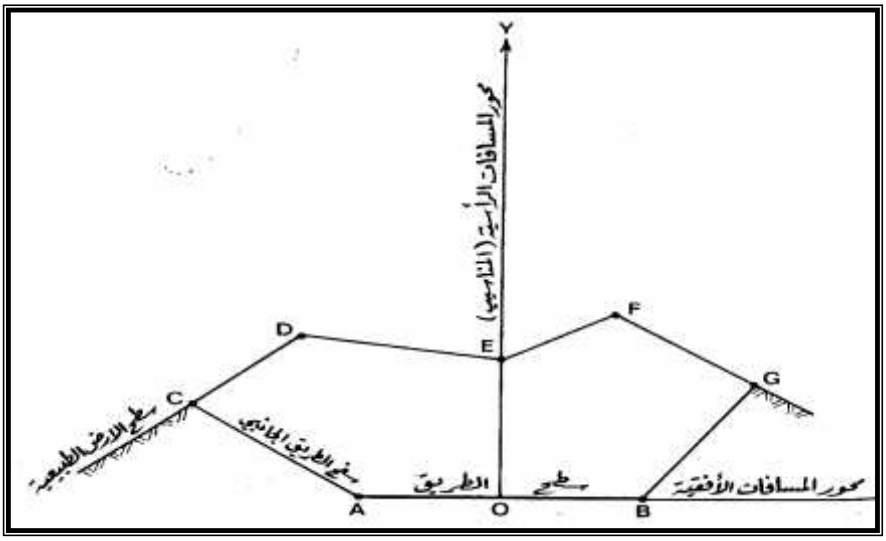
= عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيسر لطرف الطريق v_l

= عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيمن لطرف الطريق v_r

١٢-١-١طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية:

وهذه هي الطريقة التي سنقوم باستخدامها في المشروع، حيث أن هذه الطريقة الأكثر تمشيا مع الأجهزة الالكترونية الحديثة في هذه الأيام، وهذه الطريقة تقوم على اعتبار مساحات المقاطع العرضية مضلعات مغلقة.

والآن سنقوم بشرح هذه الطريقة بالتفصيل،فعلى سبيل المثال لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل (١٢-٤):



شكل (١٢-٤): حساب المساحات بطريقة الإحداثيات

حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات Oيتم اختيار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة يمثل مناسيب النقاط (أي أعماق الحفر و الردم) و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع AB و بمعرفة عرض الطريق C,D,E,F,G العرضي .

يتم ترتيب الإحداثيات الخاصة بالنقاط على شكل كسور بحيث يكون البسط يمثل الاحداثي الصادي و المقام يمثل الاحداثي السيني و نرتبها في جدول على الشكل التالي:

جدول (١٢-١): حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.

Point NO.	A	C	D	E	F	G	B	A
Y	y_A	y_C	y_D	y_E	y_F	y_G	y_B	y_A
X	$-x_A$	$-x_C$	$-x_D$	x_E	x_F	x_G	x_B	$-x_A$

الآن نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متصل ونجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب $\sum 1$ مساويا

وبعد ذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل سهم ونجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب $\sum 2$ مساويا

.

لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{\left|\sum 1 - \sum 2\right|}{2}$$

ملاحظات :

- **إذا كان المقطع مختلطا (حفر وردم** Sidehill Section) هنا يجب حساب مساحة كل من الحفر والردم **لوحده**، وذلك لأنهما يدخلان في جداول الكميات كبندين منفصلين.

- يجب عند تعيين المسافات الأفقية أو الإحداثيات السينية لزوايا المقطع العرضي اخذ الإشارة الجبرية بعين الاعتبار.

- بالنسبة للمناسيب يتم اخذ المناسيب الخاصة بكل مقطع عرضي مباشرة وذلك باستخدام برنامج (softdisk) بعد تزويد هذا البرنامج بالمعلومات التي أخذت في الحقل بواسطة جهاز الدستومات **وبالتالي عمق الحفر أو الردم**.

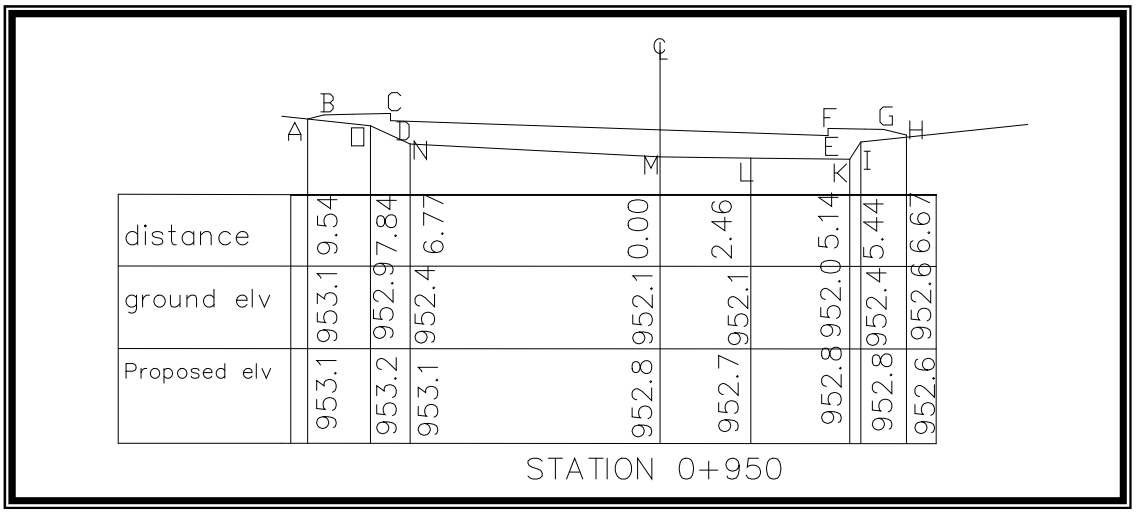
وهنا يجب معرفة منسوب التصميم (المنسوب المراد الوصول إليه) لنقطة وسط الطريق عند كل مقطع عرضي وبالطبع يلزم معرفة عرض الطريق عند كل مقطع والميول الجانبية للطريق عند كل **مقطع**.

- 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.

- الاحداثي السيني يكون موجبا لكل نقطة واقعة على يمين محور الصادات وسالبا لكل نقطة واقعة على يسار محور الصادات.

وفيما يلي مثال لمقطع عرضي على سبيل التوضيح فقط .

والشكل(١٢-٥) التالي يوضح هذا المقطع .



مقطع عرضي في منطقة ردم شكل(١٢-٥)

هذا المقطع يقع في منطقة ردم كامل، و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط المكونة الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع AHلمساحة المقطع ، و بمعرفة عرض الطريق العرضي .

وعليه يتم ترتيب الإحداثيات الخاصة بالنقاط على شكل كسور بحيث يكون البسط يمثل الاحداثي الصادي و المقام , يمثل الاحداثي السيني و نرتبها في جدول على الشكل التالي:

Point No	A	B	C	D	E	F	G	H	I	K	L	M	N	O	A
Y	2.10	2.21	2.25	2.05	1.64	1.84	1.81	1.66	1.46	0.98	1.01	1.05	1.41	1.91	2.10
X	-5.54	-9.10	-7.30	-7.30	4.55	4.55	6.05	6.67	5.44	5.14	2.46	0.00	-6.67	-7.84	-9.54

1ألان نضرب كل قيمتين تقعان على طرفي كل خط متصل ونجد مجموع المضاريب وليكن مساويا ل(Σ١)

$$\sum 1=[\ (2.10*-9.10)+(2.21*-7.3)+(2.25*-7.30)+(2.05*4.55)+(1.64*4.55)+$$
$$(1.84*6.05)+(1.81*6.67)+(1.66*5.44)+(1.46*5.14)+(0.98*2.46)+(1.01*0.0)+$$
$$(1.05*-6.67)+(1.41*-7.84)+(1.91*-9.54)]$$
$$= -29.10\ m^2$$

وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متقطع فنجد المجاميع وليكن رمزه(Σ٢)

$$\sum 1=[\ (2.21*-9.54)+(2.25*-9.10)+(2.05*-7.30)+(1.64*-7.30)+(1.84*4.55)+$$
$$(1.81*4.55)+(1.66*6.05)+(11.46*6.67)+(0.98*5.44)+(1.01*5.14)+(1.05*2.46)$$
$$+(1.41*0.0)+(1.91*-6.67)+(2.10*-7.84)]$$

$$= -48.40m^2$$

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

$$Area = 9.6٧\ m^2$$

٢-١٢ حساب الحجوم والكميات:

في مشاريع الطرق وبعد الوصول إلى المسارين النهائيين (**الأفقي والرأسي**) لا بد وأن ينتج لدينا كميات **حفر** وردم للوصول إلى منسوب معين(وهو هنا منسوب سطح الطريق المخصص للمركبات)، **وذلك لدارسة** التكلفة وتسهيل طرح **العطاءات**.

بعد الحصول على المعلومات اللازمة من الحقل لكافة المقاطع العرضية حتى نتمكن من حساب مساحاتها نستطيع حساب كميات و أحجام الردم والحفر اللازمة بعدة طرق ولكنها طبعا على درجات مختلفة من الدقة وسنستعرض فيما يلي الطريقة التي سيتم استخدامها في حساب الحجوم والكميات وهي طريقة المقطع الوسطي.

١٢-٢-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي

هذه الطريقة تتطلب أن يكون ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين متتاليين، ولذلك قمنا بأخذ مقاطع عرضية عند كل تغير رأسي في سطح الأرض المكونة للطريق، مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات الأفقية في الطريق.

في هذه الطريقة يتم اخذ معدل مساحتي هذين المقطعين وتضرب في المسافة بين كل مقطعين

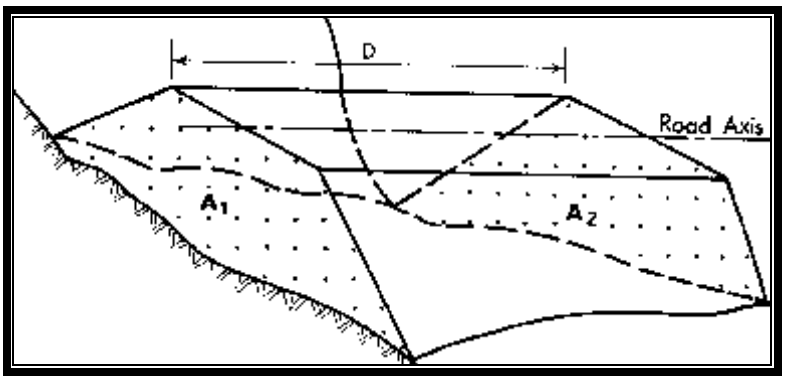
3-12 الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين المتتاليين:

1-3-12 المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل :

أن ما ينطبق على المقطعين اللذين يقعان في منطقة حفر كامل ينطبق على تلك المقاطع التي تكون في منطقة ردم كامل لهذا سنكتفي بذكر مثال عن المقاطع التي تقع في منطقة حفر كامل.

في هذه الحالة تحسب الحجوم على القانون التالي:

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



الشكل (١٢-٦) المقطعان في منطقة ردم

إذا كان لدينا n من المقاطع العرضية وجميعها تقع في منطقة حفر أو ردم فان الحجم الكلي لهذه المقاطع

$$V = \frac{D}{2}\left[A_1 + A_2 + 2\left(A_2 + A_3 + A_4 + \ldots + A_{n-1}\right)\right]$$

V = D [First cross section Area + Last cross section Area + 2(All remaining cross section Area)].

حيث أن:-

D = المسافة بين كل مقطعين عرضيين متتالين.

والشكل السابق (١٢-٥) يوضح مقطع كمثال لهذه الحالة وبالنسبة لمشروعنا فانه لا يوجد مثال على هذه الحالة .

12-3-2 القطع الأول حفر والأخر ردم (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الردم حسب القانون التالي:

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

أما الحفر فعلى القانون التالي:

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

(C) : ترمز إلى مساحة مقطع الحفر.

(F) : ترمز إلى مساحة مقطع الردم

(D) : ترمز إلى المسافة بين المقطعين

(V) : ترمز إلى الحجم حفرا كان أو ردما.

وبالنسبة لمشروعنا فانه لا يوجد مثال أيضا على هذه الحالة

3-3-12 المقطع الأول حفر والآخر مختلط أو (العكس)

فيتم حساب مساحة الحفر أو الردم على النحو التالي:-

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) * D$$

أما الحفر فيتم حسابه على القانون التالي:-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) * D$$

حيث أن:-

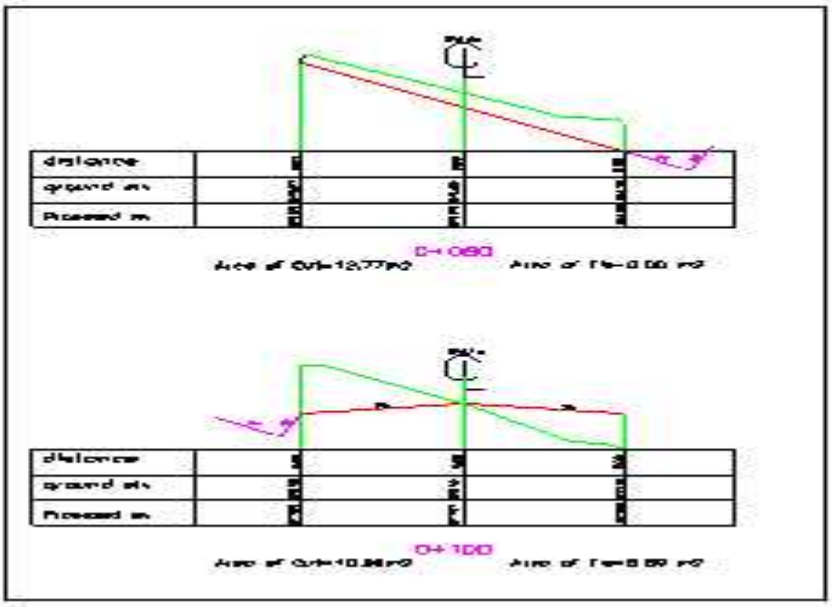
F_{i+1} = ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.

C_{i+1} = ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.

C_i = ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع الكلي.

D = ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محاطاتهما على التوالي(Station 0+80) و(Station 0+100) **والشكل** (٧-١٢) يوضح المقطعان.



شكل (٧-١٢) مقطعين عرضين الأول حفر كامل والثاني مختلط.

مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 0+100) = 8.69م^2

مساحة الحفر في مقطع الحفر الكامل (Station 0+80) = 12.77م^2

مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 0+100) = 10.26م^2

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(8.69) * 20 = 57.93m^3$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(12.77 + 10.26) * 20 = 230.4m^3$$

12-3-4- المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس)

فيتم حساب حجم الحفر والردم على النحو التالي:-

الحفر حسب القانون التالي:-

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(C_i) * D$$

إما الردم فيتم حسابه حسب القانون التالي:-

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) * D$$

حيث أن:-

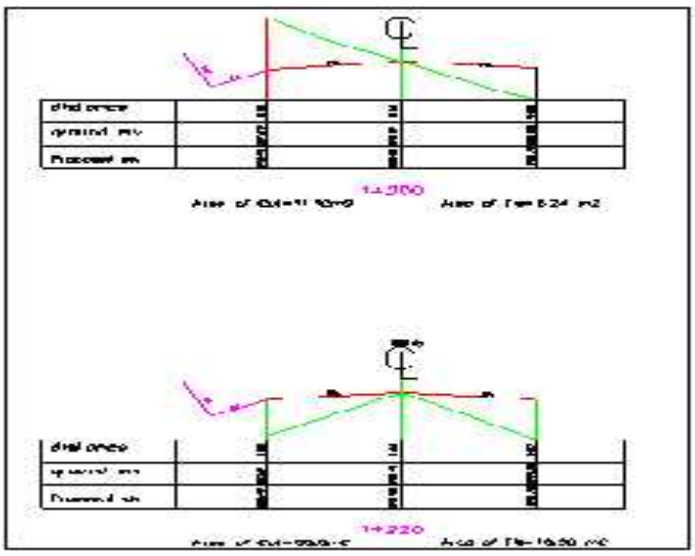
F_i = ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.

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.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محاطاتهما على التوالي(Station 1+200) و(Station 1+220) والشكل (١٢-١٠) يوضح المقطعان.



شكل (١٢-٨) مقطعان عرضيان الأول ردم كامل والثاني مختلط

مساحة الردم في مقطع الردم الكامل (Station 1+220) = 16.98م^{٢}

مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 1+200) = 6.24م^{٢}

مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 0+620) = 11.10م^{٢}

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(16.98 + 6.24) * 20 = 232.2m^3$$

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(11.10) * 20 = 74m^3$$

12-3-5- المقطعان مختلطان

إذا كان المقطعين العرضين مختلطين أي يوجد بينهما حفر وردم، فيتم حساب حجم الحفر والردم كما في للشكل (١٢-٩) على النحو التالي:-

الحفر حسب القانون التالي:-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) * D$$

أما الردم فحسب القانون التالي:-

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) * D$$

حيث أن:-

F_i = ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختط الأول

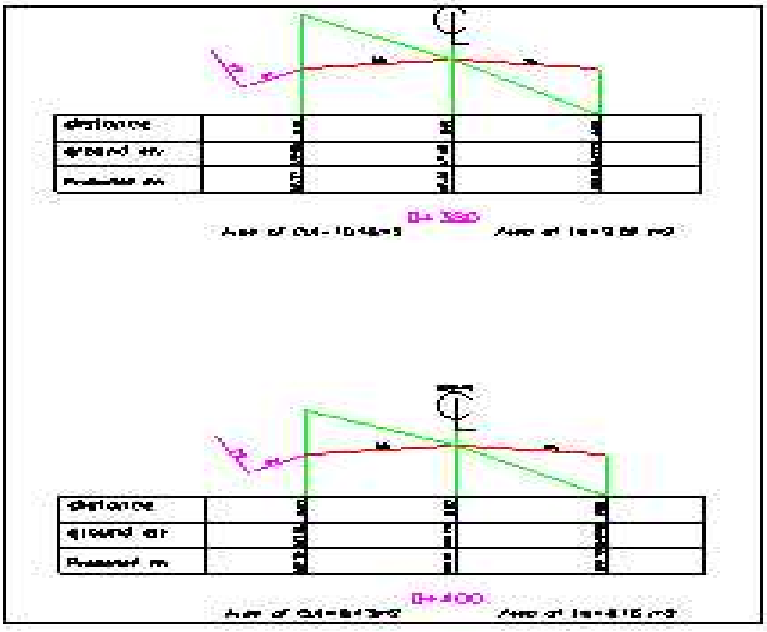
C_i = ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختط الأول

F_{i+1} = ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختط الثاني

C_{i+1} = ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختط الثاني

D = ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محاطاتهما على التوالي(Station 0+380) و(Station 0+400) والشكل (١٢-١٠) يوضح المقطعان.



شكل (١٢-٩) مقطعين عرضيين مختلطين

مساحة الردم في المقطع المختط الأول (Station 0+380) = 9.02م^2

مساحة الردم في المقطع المختط الثاني (Station 0+400) = 8.16م^2

مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول (Station 0+380) = ١٠.١٦م^{٢}

مساحة الحفر في المقطع المختلط الثاني (Station 0+400) = 8.43م^{٢}

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(9.02 + 8.16) * 20 = 171.8m^3$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(16.10 + 8.43) * 20 = 245.3m^3$$

ملاحظة : جدول كميات الحفر والردم ملحق رقم ٧ .

الفصل الثالث عشر

النتائج والتوصيات

- بعد تجهيز كافة التصميمات للمنحنيات الافقية و الرأسية و كافة المعلومات اللازمة لتوقيعها تبين أنه على المنحنى الدائري رقم (١٥) لوحة رقم (A3-8) ، والمنحنى الدائري رقم (17) لوحة رقم (A3-8) تحدد السرعة ب (٤٥ كم/ساعة) مع ضرورة وضع الإشارات المرورية اللازمة لذلك، وذلك لعدم التمكن من تحديد أنصاف أقطار المنحنيات المذكورة بحيث يتماشى مع متطلبات التصميم وبسبب المحافظة على نسبة الاقتطاع المتساوي من المجاورين حسب تعليمات البلدية.

- بغرض توحيد المراجع المحلية والأسس الفنية الخاصة بالطرق نوصي بوضع كود فلسطيني للطرق ليكون مرجعا يعتمد عليه لأغراض التصميم والتنفيذ والصيانة والتشغيل .

- نظرا لأهمية هذا الطريق وموقعه الاستراتيجي وبعد دراسة حالة الطريق والطرق المجاورة وجد أنه من المفروض تصميم هذا الطريق ليكون بعرض (١٦) متر لتأدية الغرض المطلوب منه، إلا أنه وبسبب تعليمات بلدية دورا فيما يتعلق بنزع الملكية تم تصميمه بعرض (١٢) متر.

- لقد قمنا بتصميم الطريق على اعتبار أن عمر الطريق المفترض هو عشرون عاما لكن نظرا للمباني القائمة على جانبي الطريق والمباني الغير مكتملة وبتوقع الزيادة العمرانية في تلك المنطقة فإننا نوصي بإعادة تصميمه بعد فترة زمنية معينة ومناسبة بناء على ما تراه البلدية من المناسب.

- بعد احتواء هذا المشروع على التصميم و الإنشاء ظهرت الحاجة إلى ضرورة مشاركة هندسة المساحة و المباني في هذه النوعية من المشاريع و ذلك حتى تكون على أكمل وجه.

- بعد اطلاعنا على جزء الطريق الواقع ما بين المحطتين 200+1و 240+1 على التوالي وبعد الاطلاع على المخطط الهيكلي والتفصيلي لمدينة دورا فإننا نوصي بعمل دوار بين تلك المحطتين

- تم تجهيز كافة التصميمات الأفقية والرأسية وكافة المعلومات اللازمة لتوقيعها.

- تم تحديد سماكة طبقات الرصفة (سمك طبقة الإسفلت، سمك طبقة الأساس).

- تم تجهيز كافة المقاطع العرضية الخاصة بالطريق.

- نوصي بلدية دورا والمؤسسات ذات العلاقة بإعادة تأهيل الطريق بالسرعة الممكنة تلافيا للبناء العشوائي في المنطقة.

- طرح مساقات للتصميم الإنشائي للطرق لطلبة هندسة المساحة والجيوماتكس.

الملحق رقم

١

حساب المنحنيات الأفقية والعكسية

الـمـلـحق رقـم

٢

حساب المنحنيات الراسية

الملحق رقم

٣

البدول الزمني

43	**101227.8369**	**152350.4847**
44	**101239.7112**	**152356.6144**
45	**101232.7918**	**152340.6739**
46	**101233.9122**	**152338.8690**
47	**101234.8515**	**152336.5668**
48	**101233.5251**	**152334.0007**
49	**101238.2624**	**152325.5892**
50	**101243.9206**	**152335.7436**
51	**101224.6234**	**152323.2133**
52	**101225.2300**	**152332.6971**
53	**101224.3145**	**152334.7830**
54	**101223.5360**	**152330.8017**
55	**101224.0630**	**152336.9642**
56	**101222.6659**	**152345.7704**
57	**101193.0859**	**152326.5298**
58	**101223.7642**	**152338.1625**
59	**101198.5186**	**152319.1182**
60	**101200.1605**	**152335.2317**
61	**101198.9483**	**152329.0804**
62	**101198.6373**	**152331.3442**
63	**101198.2936**	**152333.2102**
64	**101188.5816**	**152337.5327**
65	**101191.9460**	**152332.0007**
66	**101193.1902**	**152329.0060**
67	**101193.7397**	**152326.7337**
68	**101198.7932**	**152318.8222**
69	**101189.7943**	**152323.4930**
70	**101187.9815**	**152324.9062**
71	**101186.0776**	**152326.2010**
72	**101170.9145**	**152310.9822**
73	**101163.0522**	**152299.7159**
74	**101260.0965**	**152414.5735**
75	**101260.3383**	**152403.7824**
76	**101302.1180**	**152454.3784**
77	**101309.5876**	**152435.5129**
78	**101290.9725**	**152437.6906**
79	**101290.6949**	**152439.3547**
80	**101290.8380**	**152441.4973**

81	101275.8059	152429.6415
82	101275.7130	152438.7800
83	101275.6901	152441.1382
84	101275.7681	152442.8522
85	101271.3917	152454.4931
86	101258.6513	152451.1498
87	101265.2345	152441.7881
88	101267.6282	152439.3123
89	101269.0798	152437.2269
90	101252.4573	152435.2880
91	101262.2892	152434.8423
92	101667.2649	152441.5613
93	101264.6916	152434.4879
94	101266.8839	152433.8704
95	101262.5333	152430.8444
96	101264.4396	152431.0389
97	101266.7001	152430.9193
98	101264.0232	152413.7596
99	101265.9029	152413.8626
100	101268.3240	152414.8790
101	101265.9282	152399.2356
102	101269.2416	152399.5135
103	101279.1445	152431.5222
104	101276.0344	152427.8756
105	101330.0147	152428.6920
106	101328.8910	152427.0973
107	101327.6002	152424.8725
108	101341.9957	152419.9414
109	101340.9216	152417.7920
110	101339.3267	152416.3224
111	101346.1012	152411.6970
112	101347.4437	152413.5556
113	101348.0900	152416.0412
114	101348.2142	152418.4911
115	101349.6026	152408.3194
116	101224.2891	152386.5162
117	101352.0424	152413.0906
118	101356.0021	152411.5785

119	**101358.7285**	**152405.3040**
120	**101360.1297**	**152407.9003**
121	**101359.8984**	**152408.6635**
122	**101361.2082**	**152408.3721**
123	**101364.7291**	**152401.3527**
124	**101366.2740**	**152403.8523**
125	**101366.5473**	**152404.8110**
126	**101372.3168**	**152401.6885**
127	**101185.9699**	**152326.7789**
128	**101184.6717**	**152327.8304**
129	**101182.4957**	**152328.8998**
130	**101176.7445**	**152311.8935**
131	**101179.9295**	**152311.4931**
132	**101174.3081**	**152312.2996**
133	**101172.3301**	**152313.1649**
134	**101171.4697**	**152305.2404**
135	**101164.3888**	**152294.3297**
136	**101161.1182**	**152294.8634**
137	**101160.1303**	**152296.1249**
138	**101170.9435**	**152284.1687**
139	**101171.1301**	**152290.2215**
140	**101156.9143**	**152291.9276**
141	**101157.6147**	**152289.8904**
142	**101158.3214**	**152288.1006**
143	**101162.5213**	**152345.8617**
144	**101155.3998**	**152294.3674**
145	**101151.7091**	**152304.1509**
146	**101146.8153**	**152288.0502**
147	**101151.8697**	**152276.8598**
148	**101147.6188**	**152285.8362**
149	**101145.4888**	**152289.6322**
150	**101138.2937**	**152295.9627**
151	**101149.6073**	**152271.8741**
152	**101157.0656**	**152288.7250**
153	**101138.8439**	**152276.2562**
154	**101153.7050**	**152288.4322**
155	**101136.7211**	**152277.1859**
156	**101133.0310**	**152278.4842**

157	**101130.9834**	**152257.3898**
158	**101123.7092**	**152280.8629**
159	**101120.3748**	**152214.2863**
160	**101117.1664**	**152215.5552**
161	**101115.2149**	**152215.8547**
162	**101130.9127**	**152210.1652**
163	**101107.1327**	**152222.3292**
164	**101115.9391**	**152189.4215**
165	**101113.4427**	**152190.1542**
166	**101111.0302**	**152190.3027**
167	**101100.9368**	**152191.4924**
168	**101123.2301**	**152188.0968**
169	**101099.8163**	**152160.7775**
170	**101126.9541**	**152163.5853**
171	**101109.5241**	**152162.7209**
172	**101120.1554**	**152158.8261**
173	**101115.2637**	**152162.2829**
174	**101126.4625**	**152138.8588**
175	**101098.2863**	**152134.9828**
176	**101116.3306**	**152137.4685**
177	**101113.6144**	**152137.2231**
178	**101110.9167**	**152137.0284**
179	**101108.6259**	**152106.5659**
180	**101116.8396**	**152108.4136**
181	**101118.9958**	**152108.8630**
182	**101121.3652**	**152109.0321**
183	**101136.3761**	**152110.3057**
184	**101109.0264**	**152088.8829**
185	**101134.4585**	**152096.9955**
186	**101123.8317**	**152097.0766**
187	**101121.2885**	**152097.1781**
188	**101118.9267**	**152097.4020**
189	**101125.0729**	**152089.7856**
190	**101122.5923**	**152089.3776**
191	**101120.9526**	**152088.4947**
192	**101127.9062**	**152070.8846**
193	**101129.8824**	**152072.0730**
194	**101131.4250**	**152073.8459**

195	**101140.8329**	**152076.2843**
196	**101119.6682**	**152067.4116**
197	**101122.5456**	**152053.3279**
198	**101133.5500**	**152056.1538**
199	**101135.8216**	**152057.3423**
200	**101138.1613**	**152058.7187**
201	**101147.0500**	**152062.1641**
202	**101150.7755**	**152041.8552**
203	**101128.8178**	**152067.5431**
204	**101139.3831**	**152055.6197**
205	**101136.4110**	**152054.8118**
206	**101121.6174**	**152044.5751**
207	**101132.3222**	**152043.4287**
208	**101135.3725**	**152042.3798**
209	**101138.3837**	**152042.2063**
210	**101129.9581**	**152037.9889**
211	**101126.1858**	**152031.9378**
212	**101118.7779**	**152022.8736**
213	**101122.6255**	**152018.8669**
214	**101129.8514**	**152029.3064**
215	**101122.9279**	**151979.2532**
216	**101124.8744**	**151978.7131**
217	**101127.2922**	**151978.4981**
218	**101138.8070**	**151978.2253**
219	**101111.0045**	**151977.3630**
220	**101111.5815**	**151923.1537**
221	**101121.2003**	**151921.6801**
222	**101123.1114**	**151921.5478**
223	**101125.6260**	**151921.5353**
224	**101155.5816**	**151901.5053**
225	**101143.1703**	**151890.7300**
226	**101151.7803**	**151863.6052**
227	**101158.3148**	**151837.9466**
228	**101150.6906**	**151833.9276**
229	**101148.8509**	**151833.0687**
230	**101146.8668**	**151832.5206**
231	**101140.2769**	**151858.8718**
232	**101138.2532**	**151858.2850**

233	**101136.3091**	**151857.7741**
234	**101130.1581**	**151886.5273**
235	**101128.5112**	**151886.2286**
236	**101126.5575**	**151885.6398**
237	**101117.2087**	**151883.7443**
238	**101125.7099**	**151857.7098**
239	**101136.9530**	**151829.6431**
240	**101152.0341**	**151816.1601**
241	**101156.7000**	**151807.5994**
242	**101180.7284**	**151766.3276**
243	**101183.6297**	**151764.4193**
244	**101186.8385**	**151765.7947**
245	**101193.5892**	**151769.7409**
246	**101224.4857**	**151727.0361**
247	**101215.4962**	**151720.4060**
248	**101213.1063**	**151719.5562**
249	**101210.8506**	**151718.6755**
250	**101202.5942**	**151712.5098**
251	**101172.1643**	**151760.7959**
252	**101181.7405**	**151764.9320**
253	**101210.6149**	**151719.4940**
254	**101212.1849**	**151720.4725**
255	**101214.0696**	**151721.3386**
256	**101231.0290**	**151689.9021**
257	**101232.8674**	**151690.7078**
258	**101234.9391**	**151691.7973**
259	**101245.0227**	**151693.0127**
260	**101271.2007**	**151652.3477**
261	**101261.5244**	**151644.6575**
262	**101259.7077**	**151643.7722**
263	**101257.8427**	**151642.3949**
264	**101250.0746**	**151637.3583**
265	**101220.1601**	**151683.8808**
266	**101273.7574**	**151604.9785**
267	**101275.3949**	**151605.2856**
268	**101277.9052**	**151606.1547**
269	**101286.0934**	**151609.1687**
270	**101266.3012**	**151601.1066**

271	**101282.0564**	**151553.1094**
272	**101291.7273**	**151558.3264**
273	**101294.5175**	**151559.6247**
274	**101297.0813**	**151560.7959**
275	**101305.8624**	**151561.3779**
276	**101286.9206**	**151585.1021**
277	**101289.8017**	**151580.5278**
278	**101293.3383**	**151571.5663**
279	**101294.2961**	**151570.0753**
280	**101296.1286**	**151565.5623**
281	**101301.4261**	**151554.9796**
282	**101309.6445**	**151547.9709**
283	**101305.7210**	**151544.1469**
284	**101299.9577**	**151548.6486**
285	**101283.5626**	**151547.6591**
286	**101294.1184**	**151546.7810**
287	**101296.6244**	**151546.4644**
288	**101298.8254**	**151546.1768**
289	**101311.4211**	**151546.5860**
290	**101307.0937**	**151526.3565**
291	**101298.6018**	**151524.7146**
292	**101297.0809**	**151524.8053**
293	**101294.6410**	**151525.3485**
294	**101291.8330**	**151525.8406**
295	**101282.6868**	**151524.9814**
296	**101278.5972**	**151493.2880**
297	**101290.3849**	**151491.6647**
298	**101292.5096**	**151491.7125**
299	**101294.6522**	**151491.3294**
300	**101311.1020**	**151490.2107**
301	**101294.2814**	**151483.5581**
302	**101302.3323**	**151454.2760**
303	**101290.6324**	**151459.9438**
304	**101289.1003**	**151460.1550**
305	**101287.3502**	**151460.5539**
306	**101277.4836**	**151460.8519**
307	**101272.5485**	**151446.6151**
308	**101282.3473**	**151444.9790**

309	**101284.0757**	**151444.6704**
310	**101283.9533**	**151444.7756**
311	**101285.8496**	**151443.8952**
312	**101294.5668**	**151442.3221**
313	**101272.0605**	**151403.5853**
314	**101270.1626**	**151404.7081**
315	**101258.9475**	**151408.3082**
316	**101280.2821**	**151398.8442**
317	**101269.3896**	**151375.6344**
318	**101261.4053**	**151382.6832**
319	**101260.0235**	**151383.6690**
320	**101258.2238**	**151385.4176**
321	**101251.8745**	**151394.0553**
322	**101252.7870**	**151382.2765**
323	**101249.6627**	**151379.1991**
324	**110481.9107**	**154102.1381**
325	**101247.0550**	**151388.0607**
326	**101238.0736**	**151382.1112**
327	**101244.5733**	**151375.6371**
328	**101247.5246**	**151371.5545**
329	**101252.0370**	**151363.6071**
330	**101250.0224**	**151358.5719**
331	**101242.5715**	**151361.4151**
332	**101240.3140**	**151362.7568**
333	**101238.0626**	**151363.5336**
334	**101226.7285**	**151369.5171**
335	**101220.0293**	**151340.6060**
336	**101229.0832**	**151338.8665**
337	**101226.3294**	**151339.1853**
338	**101230.4056**	**151336.9867**
339	**101232.9575**	**151334.7999**
340	**101242.0407**	**151328.4649**

Point #	Easting Y(m)	Northing X(m)
1	152434.0812	101342.8765
2	152450.3755	101283.3834
3	152428.6739	101329.6657
4	152426.7522	101327.9379
5	152416.1317	101322.6969
6	152431.1838	101330.7824
7	152439.3627	101333.0754
8	152434.0673	101319.3442
9	152432.3408	101318.0430
10	152435.6393	101319.9431
11	152431.5231	101313.3001
12	152439.1250	101310.3807
13	152437.6009	101308.1128
14	152424.9531	101305.4705
15	152441.3767	101309.5040
16	152453.4540	101310.7027
17	152442.5946	101313.6843
18	152440.1680	101302.4465
19	152427.8835	101301.5215
20	152441.6365	101302.1977
21	152398.9070	101269.2540
22	152383.5615	101269.2577
23	152383.6091	101267.6420
24	152384.2696	101258.1936
25	152390.0951	101258.1766
26	152369.6389	101290.0543
27	152381.7880	101271.0700
28	152371.7863	101270.3060
29	152372.7699	101268.5523
30	152373.3611	101266.4943
31	152374.2698	101256.7345
32	152367.4253	101250.3027
33	152363.3728	101261.2752
34	152362.0227	101263.2530
35	152362.6962	101287.8992
36	152360.6826	101264.3371
37	152352.9777	101271.3604
38	152340.0471	101257.5220
39	152365.6928	101270.8250
40	152347.6649	101250.8185
41	152349.38	101249.3312
42	152351.4006	101248.2167

الفعالية	عدد الأسابيع	الأسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
جمع المعلومات	٦																	
المساحة الإستطلاعية	٢																	
العمل الميداني	٥																	
الرسم بالكمبيوتر	١																	
تجهيز التقرير الأولي	١																	
تجهيز التقرير النهائي	٢																	

جدول (1-1) الجدول الزمني لمقدمة المشروع

الفعالية	عدد الأسابيع	الأسبوع	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
جمع المعلومات	١																	
العمل الميداني	٢																	
الرسم بالكمبيوتر ا	٣																	
التصميم الأفقي + القاطعات	٣																	
التصميم الرأسي	٣																	
حساب الكميات + الإنارة	٣																	
الفحوصات الإنشائية	٤																	
الحسابات الإنشائية	٢																	
تجهيز التقرير النهائي	١																	

جدول (١-٢) يبين فعاليات المشروع

فهرس المحتويات

الموضوع **الصفحة**

شهادة تقييم مشروع التخرج.....I

صفحة العنوان.....II

الإهداء.....III

الشكر و التقدير.....IV

الملخص(بالعربية).....V

الملخص(بالإنجليزية).....VI

فهرس المحتويات.....VII

فهرس الأشكال .....XIX°

فهرس الجداول.....XXII

فهرس المراجع للإشكال التوضيحية.....XXV

فهرس المراجع للجداول.....XXVI

الملاحق.....XXVII

الفصل الأول

المقـــدّمـــة

1. 1-1 نظرة عامة.....

2-1 نبذة تاريخية عن الطرق ..... 2.

3-1 فكرة المشروع ..... 3.

4-1 اهمية المشروع..... 3.

5-1 طريقة البحث ..... 4.

6-1 هيكلية المشروع ..... 5.

7-1 العوائق والصعوبات ..... 5.

8-1 الاجهزة المساحية والبرامج المستخدمة ..... 6.

9-1 الدرلسات السابقة 6

الفصل الثاني

الفرق الهندسية المصممة للطريق

1-2 مقدمة 7

2-2 فريق الهندسة المدنية ..... 9.

3-2 فريق المساحة الارضية 10

4-2 فريق المساحة الجوية 10

5-2العلاقة بين الفرق الهندسية المختلفة ..... 11.

1-5-2 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية و هندسة المساحة الارضية... 11

2-5-2 العلاقة بين فريق الهندسة المدنية وهندسة المساحة الجوية 12

3-5-2 العلاقة بين فريق المساحة الارضية وفريق المساحة الجوية 12

الفصل الثالث

الأعمال المساحية

1-3 مقدمة 14

2-3 دراسة المخططات ... .15

3 -3 الاعمال الاستطلاعية.....15

4-3 مرحلة الدراسات المسحية الابتدائية. 16

5-3 المساحة التفصيلية. 17

6-3 مرحلة الاعمال المساحية النهائية.....18

الفصل الرابع

حجم وشارات المرور

1-4 مقدمة. ١٩

2-4 الهدف من دراسة حجم المركبات..... ..... ٢٠

3-4 تعداد المركبات. ٢٠

4-4 انواع التعداد على الطريق ٢١

5-4طرق اجراء التعداد ٢١

6-4 مكان انطلاق السير ووجهته النهائية. ٢٢

7-4 فترات التعداد ٢٣

8-4 السير الحالي والمستقبلي... ٢٤

9-4 عمـــــــــــــــــــــــــــر الطريـــــــــــــــــــــــــق ٢٤

10-4 تحليل المعلومات حول حجم السير. ٢٥

11-4 إشارات المرور ٢٦

1-11-4 أنواع الإشارات.. ٢٦

2-11-4 مواصفات الاشارات ٢٧

3-11-4 موقع الاشارة ٢٧

4-11-4 علامات المرور على الطريق... 30

1-4-11-4 اهداف علامات المرور... 30

2-4-11-4 الشروط الواجب توفرها في علامات المرور................................ 31

3-4-11-4 انواع علامات المرور.. 31

الفصل الخامس

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق.

1-5 مقدمة ٣٣

2-5 الامور الواجب مراعاتها في تصميم أي طريق. ٣٣

5 -3 الاعتبارات الاساسية التي تتحكم في عملية التصميم. ٣٤

4-5 العوامل الرئيسية التي تتحكم في التخطيط.....٣٤
5-5 العوامل الاساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند انشاء طريق بين مدينتين.....٣٦

6-5 ألأسس التي تتحكم في عملية التصميم.....٣٨

1-6-5 السرعة.....٣٨

2-6-5 مسافة الرؤية..... ٤١

3-6-5 مسافة الرؤية للتوقف.....٤١

4-6-5 مسافة الرؤية للتجاوز.....٤٣

7-5 مكونات سطح الطريق.....٤٦

1-7-5 عرض الطريق والمسارب.....٤٦

2-7-5 ارصفة المشاة.....٤٧

3-7-5 الاكتاف.....٤٧

4-7-5 الجزيرة الوسطى.....٤٨

5-7-5 الاطاريف.....٤٨

1-5-7-5 الاطاريف الحاجزة.....٤٩

2-5-7-5 الاطاريف الغاطسة.....٤٩

6-7-5 الميول الجانبية.....٥٠

7-7-5 الميول الطولية.....٥١

8-7-5 الميول العرضية. ٥٢

الفصل السادس

التخطيط الأفقي والرأسي للطريق

6-1 مقدمة ٥٣

6-2 القوة الطاردة المركزية ٥٣

6-3 ارتفاع ظهر المنحنى..... ٥٥

6-4 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات..... ٥٦

6-4-1 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق ٥٨

6-5 المنحنيات الأفقية..... ٦٠

6-5-1 المنحنيات الافقية الدائرية..... ٦٠

6-5-2 المنحنيات المتدرجة..... ٦٤

6-6 مقدار الإزاحة في القوس الدائري ٦٨

6-7 ملاحظات عامة عن التخطيط الافقي ٧٢

6-8 التقاطعات على الطرق..... ٧٤

6-8-1 انواع التقاطعات..... ٧٤

6-8-1-1 التقاطع العادي البسيط..... ٧٥

6-8-1-2 التقاطع الجرسي..... ٧٧

6-8-1-3 القطاع ذو القنوات ٧٧

6-8-2 فوائد القنوات في القطاع ٧٨

6-8-3 عوامل وعناصر وخطوات تصميم التقاطعات..... ٧٨

6-9 التخطيط الراسي للطريق..... ٨٨

6-10 المنحنيات الراسية ٨٨

6-10-1 إشارة الميل وزاوية التدرج (Grade Angle)..... ٨٩

6-11 عناصر المنحنى الرأسي ٨٩

6-12 خواص القطع المكافئ البسيط ٩٠

6-13 المنحنيات الراسية الغير متماثلة ٩٢

6-14 الميول الراسية العظمى في الطريق ٩٣

6-14-1العوامل التي تتحكم بالميول الرأسية ٩٣

6-15 العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الراسي ٩٥

6-16 ملاحظات عامة في التصميم الراسي ٩٧

6-17 اعتبارات عامة في التخطيط الراسي..... ٩٨

الفصل السابع

Adjustment of the Traverse

7-1 Angular Misclousre.....99

7-2 Distance observations.....100

7-2-1 Sample of calculations.....100

7-3 Angle observations.....101
7-4 Azimuth Calculations 102

7-5 Calculation of coordinates the of traverse points ..……105

7-6 Liner Miscloser Error…….....…107

7-7 Adjustment of departure and latitudes …….....…107

الفصل الثامن

تصريف المياه على الطريق

8-1 مقدمة ١٠٩

8-2 أهمية تصريف المياه.....١٠٩

8-3 العوامل اللازم أخذها بعين الاعتبار عند تصريف مياه الطريق ١١١

8-4 أنواع صرف المياه.....١١١

8-4-1 الصرف السطحي.....111

8-4-2 الصرف المغطى.....113

8-5 العبارات.....113

8-5-1 بناء العبارة..... 114.

8-5-2 تهيئة أرض العبارة.....115

8-5-3 أجنحة العبارة.....115

6-8 الطعم فوق العبارة.....116

7-8 الأقنية الجانبية.....116
8-8 حماية الطريق.....١١٦

الفصل التاسع

الإنارة على الطريق

٩-١ إضاءة الطرق.....١١٧

2-9 المواصفات العامة للإضاءة.....١١٧

٩-٣ مواصفات المصابيح والفوانيس المستخدمة في الطرق.....118

٩-4 أنواع المصابيح الرئيسية.....١١٨

٩-٥ مواقع أعمدة الإنارة.....١٢٠

٩-٦ ترتيب الأعمدة على الطريق.....١٢٠

٩-٧ زيادة تباعد أعمدة الإنارة.....١٢٢

٩-٨ خطوات تصميم أعمدة الإضاءة على الطريق.....
١٢٣

الفصل العاشر

الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

١٠-١ تجربة بروكتور (Proctor Test).....١٢٥

١٠-١-١ مقدمة.....١٢٥

١٠-١-٢ الهدف.....١٢٥

١٠-١-٣ تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test).....١٢٦

١٠-١-٤ الأدوات المستخدمة.....١٢٦

١٠-١-٥ خطوات العمل.....١٢٦

١٠-١-٦ المعادلات الخاصة بالتجربة.....١٢٧

١٠-١-٧ الحسابات والنتائج..... ١٢٨

١٠-٢ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(California Bearing Ratio Test).....١٣٢

١٠-٢-١ مقدمة.....١٣٢

١٠-٢- ٢ الهدف.....١٣٢

١٠-٢-٣ الأدوات المستخدمة.....١٣٢

١٠-٢-٤ طريقة العمل.....١٣٣

١٠-٢-٥ الحسابات.....١٣٣

١٠-٣ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة (base-course) ١٣٩

١٠-4 تجربة التدرج الحبيبي.....١٤٢

١٠-4-١ مقدمة.....١٤٢

١٠-4-
الهدف.....١٤٣

١٠-4-٣ الأدوات المستخدمة.....١٤٣

١٠-4-٤ طريقة العمل.....١٤٣

١٠-4-٥ الحسابات.....١٤٤

١٠-4-٦ النتائج.....١٤٤

١٠-٥ الفحوصات على الخلطة الإسفلتية.....١٤٦

١٠-٥-١ المقدمة.....١٤٦

١٠-٥-٢ فحص إيجاد نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي.....١٤٧

١٠-٥-٢-١ الهدف ١٤٧

١٠-٥-٣ طريقة الطرد المركزي.....١٤٧

١٠-٥-٣-١ الأدوات المستخدمة.....١٤٧

١٠-٥-٣-٢ طريقة العمل.....١٤٨

١٠-٥-٣-٣
الحسابات.....١٤٩

١٠-٥-٣-٤ النتائج.....١٥٠

١٠-٥-٤ كثافة قوالب مارشال (الكثافة النوعية الفعلية) ١٥١

١٠-٥-٤-١ الهدف.....١٥١

١٠-٥-٤-٢ الأدوات المستخدمة.....١٥١

١٠-٥-٤-٣ طريقة العمل.....١٥٢

١٠-٥-٤-٤ الحسابات.....١٥٣

١٠-٥-٤-٥ النتائج.....١٥٣

الفصل الحادي عشر

التصميم الإنشائي للطريق (Structural Design)

١١-١ مقدمة.....١٥٥

١١-٢ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة..... ١٥٨

١١-٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO.....١٥٩

١١-٤ حساب الأوزان المحورية القياسية.....١٥٩

١١- ٥ الخلاصة.....١٧٣

الفصل الثاني عشر

حساب مساحات الحجوم لكميات الحفر والردم

١٢-١ المساحات.....١٧٤

١٢-١-١ طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية..... ١٧٧

١٢-٢ حساب الحجوم والكميات.....١٨١

١٢-٢-١ حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي.....١٨٢

3-12 الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين .....
١٨٢

2-3-12المقطع الأول حفر والأخر ردم.....١٨٣

3-3-12 المقطع الأول حفر والآخر مختلط أو (العكس).....١٨٤

4-3-12- المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس) ١٨٥

5-3-12- المقطعان مختلطان ١٨٦

الفصل الثالث عشر

النتائج والتوصيات

١٣-١ النتائج
والتوصيات.....١٩٠

فهرس الإشكال التوضيحية

الرقم	لسم الشكل	الصفحة
1-2	الفرق المساحية اللازمة لإنجاز مشروع مسار معين	8
2-2	قوة العلاقة بين مختلف الفرق العاملة في المشروع	9
3-2	الشعب الممثلة للفريق الهندسة المدنية	9
4-2	العاملون في فريق المساحة الأرضية	10
5-2	العاملون في فريق المساحة الجوية	11
6-2	العلاقة بين فرق الهندسة المختلفة المطلوبة في أعمال الطرق	13
1-5	مسافة الرؤية للتوقف الآمن	42

2-5	مسافة الرؤية للتجاوز	43
3-5	الأنواع المختلفة الاطاريف	50
4-5	الميول الطولية	52
1-6	تأثير القوة الطاردة المركزية	54
2-6	التوسعة اللازمة حسب حركة العجلات	57
3-6	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	58
4-6	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة	59
5-6	أنواع المنحنيات الدائرية	60
6-6	عناصر المنحنى الدائري البسيط	62
7-6	عناصر المنحنى الدائري المركب	63
8-6	عناصر المنحنى الدائري مكسور الظهر	63
9-6	المنحنيات العكسية	64
10-6	المنحنيات المتدرجة	65
11-6	المنحنى البيضوي (برنولي)	65
12-6	الكلوتويد	66
13-6	الازاحة في المنحنى الدائري	69
14-6	طريقة توقيع التوسيع للمنحنى	71
15-6	التقاطع البسيط(مسرب بعرض ثابت)	75
16-6	التقاطع البسيط(توسيع الطريق عند التقاطع)	76
17-6	مسرب كامل في وسط القاطع	76
18-6	انعطاف دورة واحدة	77
19-6	انعطاف مزدوج	77
20-6	مسافة الرؤية على القاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة	84
21-6	مسافة الرؤية على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق	86
22-6	أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات	87
23-6	أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع	88
24-6	فرق الميل أو زاوية الميل	89
25-6	عناصر المنحنى الرأسي	90
26-6	منحنى رأسي غير متماثل	92
27-6	القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل	94
28-6	منحنى رأسي قاعي	96

١-٨	مقطع عرضي يبين عملية صرف المياه عن الطريق	١١٢
١-٩	عناصر أعمدة الإضاءة على الطرق	١٢٠
٢-٩	ترتيب الأعمدة من جهة واحدة	١٢١
٣-٩	توزيع الأعمدة على الجزيرة الوسطى	١٢١
٤-٩	توزيع الأعمدة بشكل تعاقبي	١٢٢
٥-٩	توزيع الأعمدة بشكل تقابلي	١٢٢
١-١٠	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة الأساس	١٢٩
٢-١٠	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة Base Course	١٣١
٣-١٠	كيفية تصحيح منحنى الغرز	١٣٤
٤-١٠	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	١٣٦
٥-١٠	العلاقة بين الكثافة الجافة وقيمة نسبة تحمل كاليفورنيا	١٣٨
٦-١٠	العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد	١٤٠
٧-١٠	العلاقة بين الكثافة الجافة وCBR	١٤٢
٨-١٠	العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار	١٤٥
١-١١	الرصفة المرنة تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	١٥٦
٢-١١	رصفة تلفورد	١٥٦
٣-١١	طبقات الرصف بالفرشيات	١٥٧
٤-١١	الرصفة القياسية لا تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	١٥٨
٥-١١	طبقات الرصفة المرنة	١٥٨
٦-١١	AASHTO flexible-pavement design	١٧١
٧-١١	AASHTO flexible-pavement design	١٧٢
١-١٢	سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل	١٧٥

٢-١٢	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من ثلاث نقاط	١٧٦
٣-١٢	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من خمس نقاط	١٧٧
٤-١٢	حساب المساحات بطريقة الإحداثيات	١٧٨
٥-١٢	مقطع عرضي في منطقة ردم	١٨٠
٦-١٢	المقطعان في منطقة ردم	١٨٢
٧-١٢	مقطعين عرضين الأول حفر كامل والثاني مختلط	١٨٤
٨-١٢	مقطعان عرضيان الأول ردم كامل والثاني مختلط	١٨٦
٩-١٢	مقطعين عرضيين مختلطين	١٨٧

فهرس الجداول

الرقم	اسم الجدول	الصفحة
1-4	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة و التقاطع الذي تدل	28
2-4	إشارات التحذير ومدلولاتها والتي ستستخدم على الشارع	28
3-4	إشارات الإرشاد ومدلولاتها والتي ستستخدم على الشارع	29
4-4	أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع	32
1-5	العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان	40
2-5	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	40
3-5	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	42
4-5	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	43
5-5	العلاقة بين السرعة والتسارع الاعظم	44
6-5	تاثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف	45
7-5	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	50
8-5	الميول الجانبية للجسور حسب الارتفاعات	51
1-6	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	56
2-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	56
3-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية	71
4-6	نصف قطر منحنى دائري على تقاطع	80
5-6	الحد الأدنى لنصف قطر على المنحنى	81
6-6	الفرق الجبري بين الميلين	81
7-6	عرض المسرب على التقاطع	83
8-6	مسافة الرؤية للتوقف	83
9-6	مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها	85
10-6	الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة	93
11-6	القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية	94
1-7	Known control station	99
2-7	Distance observations	100
3-7	Angle observations	101
4-7	Unadjusted and adjusted azimuth of line	104
5-7	Unadjusted Coordinate of station	106
6-7	Adjusted Coordinate of station	108
١-٨	نسبة امتصاص أنواع مختلفة من التربة للمتر المكعب الواحد	١١٢
١-٩	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	١٢٣
١-١٠	الكثافة الرطبة لطبقة (Sub-Base Course)	١٢٨

٢-١٠	الكثافة الجافة لطبقة (Sub-Base Course)	١٢٨
٣-١٠	الكثافة الرطبة لطبقة (Base Course)	١٣٠
٤-١٠	الكثافة الجافة لطبقة (Base Course)	١٣٠
٥-١٠	(CBR For sub-grade)	١٣٥
٦-١٠	ملخص النتائج	١٣٧
٧-١٠	الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورني	للعينات	١٣٧
٨-١٠	المواصفات المطلوبة لقيمة CBR لطبقات الطرق في فلسطين	١٣٨
٩-١٠	CBR For base course	١٣٩
١٠-١٠	ملخص النتائج	١٤١
١١-١٠	قيم الكثافة الجافة لكل عينة وقيم نسبة تحمل كاليفورني	للعينات	١٤١
١٢-١٠	التدرج الحبيبي	١٤٤
١٣-١٠	نسبة الإسفلت في المخلوط الإسفلتي	١٥٠
١٤-١٠	نسبة المار من كل منخل لحصة المخلوط الإسفلتي	١٥٠
١٥-١٠	طول عينات الإسفلت الناتجة بعد عملية الدمك في جهاز مارشال	١٥٤
١٦-١٠	الكثافة النوعية الفعلية للخلطة الإسفلتية	١٥٤
١-١١	نسبة المركبات في المسرب الواحد	١٦٠
٢-١١	معامل النمو (Growth factor)	١٦١
٣-١١	عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات	١٦٢
٤-١١	الأوزان المكافئة لأنواع المركبات	١٦٣
٥-١١	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية	١٦٤
٦-١١	نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة	١٦٦
٧-١١	قيمة المعامل المناخي (Regional Factor) حسب المناخ	١٦٧
٨-١١	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	١٦٨
٩-١١	معامل الطبقة (layer coefficient) للسكوريس	١٦٩
١٠-١١	معامل الطبقة (layer coefficient) ل Sub base	١٦٩
١١-١١	سماكة طبقات الرصفة المرنة	١٧٣
١-١٢	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	١٧٨

فهرس المراجع للأشكال التوضيحية

الرقم	اسم الشكل	الصفحة	المرجع
1-5	مسافة الرؤية للتوقف الآمن	42	٣
2-5	مسافة الرؤية للتجاوز	43	٦
3-5	الأنواع المختلفة الاطاريف	50	١٠
4-5	الميول الطولية	52	١٠
1-6	تأثير القوة الطاردة المركزية	54	١٠
2-6	التوسعة اللازمة حسب حركة العجلات	57	٥
3-6	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	58	٧
4-6	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة	59	٧
5-6	أنواع المنحنيات الدائرية	60	٦
6-6	عناصر المنحنى الدائري البسيط	62	٥
7-6	عناصر المنحنى الدائري المركب	63	٥
8-6	عناصر المنحنى الدائري مكسور الظهر	63	٥
9-6	المنحنيات العكسية	64	٥
10-6	المنحنيات المتدرجة	65	٥
11-6	المنحنى البيضوي (برنولي)	65	٥
12-6	الكلوتوئيد	66	٥
13-6	الازاحة في المنحنى الدائري	69	٦
14-6	طريقة توقيع التوسيع للمنحنى	71	١٠
15-6	التقاطع البسيط(مسرب بعرض ثابت)	75	٩
16-6	التقاطع البسيط(توسيع الطريق عند التقاطع)	76	٩
17-6	مسرب كامل في وسط التقاطع	76	٩
18-6	انعطاف دورة واحدة	77	٩
19-6	انعطاف مزدوج	77	٩
20-6	مسافة الرؤية على التقاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة	84	٩
21-6	مسافة الرؤية على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق	86	٩
22-6	أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات	87	٩
23-6	أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع	88	٩
24-6	فرق الميل أو زاوية الميل	89	٩

25-6	**عناصرالمنحنى الرلسي**	90	٣
26-6	منحنى رأسي غير متماثل	92	٥
27-6	القيمة العظمى لطول الجزء الخاضع للميل	94	٥
28-6	**منحنى رأسي قاعي**	96	٣
١-٨	مقطع عرضي يبين عملية صرف المياه عن الطريق	١١٢	٢
١-٩	**عناصر أعمدة الإضاءة على الطرق**	١٢٠	٤
٢-٩	ترتيب الأعمدة من جهة واحدة	١٢١	٤
٣-٩	توزيع الأعمدة على الجزيرة الوسطى	١٢١	٤
٤-٩	توزيع الأعمدة بشكل تعاقبي	١٢٢	٤
٥-٩	**توزيع الأعمدة بشكل تقابلي**	١٢٢	٤
١-١١	الرصفة المرنة تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	١٥٦	٣
٢-١١	**رصفة تلفورد**	١٥٦	٣
٣-١١	طبقات الرصف بالفرشيات	١٥٧	٣
٤-١١	الرصفة القياسية لا تبقى ملاصقة لسطح الطريق الترابي	١٥٨	٣
٥-١١	**طبقات الرصفة المرنة**	١٥٨	٣
٦-١١	AASHTO flexible-pavement design	١٧١	١١
٧-١١	AASHTO flexible-pavement design	١٧٢	١١
١-١٢	سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل	١٧٥	٨
٢-١٢	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من ثلاث نقاط	١٧٦	٨
٣-١٢	سطح الأرض الطبيعية غير منتظم الميل من خمس نقاط	١٧٧	٨
٤-١٢	حساب المساحات بطريقة الإحداثيات	١٧٨	٨

فهرس المراجع للجداول

الرقم	اسم الجدول	الصفحة	المرجع
1-5	العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان	40	٢
2-5	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	40	١٠
3-5	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	42	٦
4-5	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	43	٦
5-5	العلاقة بين السرعة والتسارع الاعظم	44	٤
6-5	تاثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف	45	١٠
7-5	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	50	١
8-5	الميول الجانبية للجسور حسب الارتفاعات	51	١
1-6	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	56	٤
2-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	56	٣
3-6	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب السرعة التصميمية	71	٧
4-6	نصف قطر منحنى دائري على تقاطع	80	٧
5-6	الحد الأدنى لنصف قطر على المنحنى	81	٧
6-6	الفرق الجبري بين الميلين	81	٧
7-6	عرض المسرب على التقاطع	83	٩
8-6	مسافة الرؤية للتوقف	83	٩
9-6	مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها	85	٩
10-6	الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة	93	٦
11-6	القيم العظمى لأطوال أجزاء الطريق، الخاضعة للميول الرأسية	94	٦
١-٨	نسبة امتصاص أنواع مختلفة من التربة للمتر المكعب الواحد	١١٢	٢
١-٩	المعلومات الخاصة بتصميم أعمدة الإضاءة	١٢٣	٤
١-١١	نسبة المركبات في المسرب الواحد	١٦٠	١١
٢-١١	معامل النمو (Growth factor)	١٦١	١١
٥-١١	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية	١٦٤	١١
٧-١١	قيمة المعامل المناخي(Regional Factor) حسب المناخ	١٦٧	١١
٨-١١	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	١٦٨	١١
٩-١١	معامل الطبقة (layer coefficient) للبسكورس	١٦٩	١١
١٠-١١	معامل الطبقة (layer coefficient)ل Sub base	١٦٩	١١

الملاحق

الملحق رقم (١)حساب المنحنيات الافقية والعكسية..... ...191

الملحق رقم (٢)حساب المنحنيات الراسية .... .192

الملحق رقم (٣)الجدول الزمني..... 193