بسم الله الرحم الرحيم

تصميم وإنشاء بنية تحتية لطريق عين البيض(حلحول)

فريق العمل

مهند حسان شويكي انس يوسف عويضات

إشراف

د.نبيل الجولاني م.خليل كرامه

تقرير مقدمة مشروع التخرج

مقدم إلى 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

٢٠٠٩ م

الإهداء

لكي يا عشيقة الشهداء (فلسطين الحبيبة)

إلى كل عاشق للعلم ، وكل محب للهندسة ، ويراها ملموسة كما يرى الشمس في وضح النهار

الى من ربتني وليدا وأسقتني من حنانها شهد المداد
إلى أبي العزيز الذي أعطاني فكره ومنحني قلبه، إلى إخوتي وأخواتي وأصدقائي ومن شاركني حياتي

لكم يا كل الصامدين في خنادقكم..... يا أبطال المعاناة خلف القضبان

إلى من سطروا بدمائهم كل الدروب ليوصلونا إلى طريق الحرية (شهداء الأمة)

لكم أيها الكوادر العاملين بصمت وأمانة (معلمي الأفاضل)

لك أيها القارئ ..... ولك أيها الفلاح المثابر

لكل أبٍ وأختٍ ..... لكل غصن وحبة قمح

لكل ذرة ترابٍ ..... لكل شريفٍ في هذه الأرض

إلى روح المهندس -مؤسس هندسة المساحة في جامعة بوليتكنيك فلسطين- د. كمال غطاشه..

إليهم جميعاً أهدي هذا العمل

الشكر والتقدير

الشكر لله تعالى الموفق لكل خير

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

جامعة بوليتكنك فلسطين ممثلة بالهيئة التدريسية فيها الذين كانوا لنا منارة العلم والعمل

من أعماق قلبي أتقدم بأسمى آيات شكري وأبلغ عبارات تقديري للمعلم القدير الأستاذ المهندس خليل كرامة والدكتور نبيل الجولاني في جامعة بوليتكنيك فلسطين لما بذلوه من جهد في تصويب هذا المشروع.

والشكر والتقدير موصول الى الزملاء الاعزاء واخص بالذكر الطالبة ربيع السعدي والطالب خالد سعيد لما بذلوه من جهد في سبيل انجاز هذا العمل.

إلى الذين كانوا على قدر المسؤولية، إلى من صدقوا قولا وعمل إلى العاملين في بلدية حلحول لما قدموه من مساعدة.

والى كل من ساهم في انجاز هذا العمل.

ملخص المشروع

تصميم وإنشاء بنية تحتية لطريق عين البيض(حلحول)

فريق العمل:

مهند حسان شويكي انس يوسف عويضات

جامعة بوليتكنك فلسطين- ٢٠٠٩م

إشراف:

د.نبيل الجولاني م.خليل كرامه

المشروع عبارة عن تصميم وإنشاء بنية تحتية للطريق الواصل بين وسط مدينة حلحول بالطريق الرئيسي المؤدي الى بلدة نوبا ، وقد تم اختيار هذا المشروع لافتقار تلك المنطقة الى طريق معبد يلبي احتياجات المنطقه التي يمر منها الطريق والاثر البالغ الذي سيتركه هذا المشروع على احياء تلك المنطقة وكذلك فان الشارع يعتبر حلقة وصل بين وسط مدينة حلحول من الجهة الغربيه وبين الطريق الرئيس المؤدي الى بلدة نوبا ، ويتكون هذا المشروع من جزئين: عمل ميداني وعمل مكتبي .

يحتوي هذا المشروع على عدة مخططات (تصميم المقاطع العرضية للطريق ، 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 .

ويتوقع بعد الانتهاء من هذا العمل تحقيق بعض النتائج ومن أهمها توفير طريق رئيسية مختصرة تربط بين وسط مدينة حلحول من الناحية الغربيه وبين الشارع الرئيس المؤدي الى بلدة نوبا وتقليل الازدحام وكذلك تحسين المواصلات وتسهيل عملية التنقل وخدمة حركة المرور للمناطق السكنية الموجودة في تلك المنطقة من مدينة **حلحول**.وإنعاش المنطقة عن طريق زيادة الإعمار والسكن وتوفير خدمات **عامة كخطوط الصرف الصحي** والمياه والإنارة للبيوت.

Abstract

Construct and build infrastructure of the (Ain Al biad) road that connect halhol city to the street of noba village.

Project Team

Mohanad Hassan shweiki **anas yousef 3'uedat**

Palestine Polytechnic University-2009

Supervisor

Eng. Khalel Karamma Dr.nabel al Jolene

This project is a reconstruction and design rood that Construct the entrance of halhol city and the street of noba village, we chose this project due to it's position which consist of many factories and living area. In addition of cemetery of martyrs, the road is the main connection between halhol city to the street of noba village. this project of two parts work on land and office work.

This project contains many plans: construct the slope of sizes, horizontal and vertical construction, construction of sewage system. We should take in construction that the construction of road according to engineering data, and the implementation in correct way.

We think that, after finishing this project work the result is to have main in brief way that connect halhol city to the street of noba village.. The main aim of that is to reduce the traffics and to enhance the transportation in halhol area. In addition, to revive the area by urge people to live and receive sewages, water, and electricity to nearby houses.

فهرس المحتويات

الموضوع	الصفحة

صفحة العنوان..... I

الإهداء..... II

الشكر و التقدير..... III .

الملخص(بالعربية)..... IV

الملخص(بالإنجليزية)..... V

فهرس المحتويات..... VI

فهرس الأشكال XIII

فهرس الجداول..... XV

الملاحق..... XVII

الفصل الأول : المقدمة

1-1 مقدمة 1
1-2 نبذة تاريخية عن الطرق.....1
3-1 أهمية وأهداف المشروع 2
4-1 أهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية.....3
5-1 منطقة الدراسه.....4
15-1 موقع مدينة حلحول.....4
2-5-1 الموقع للطريق.....4
6-1 دراسات سابقه.....4
7-1 طريقة البحث.....4
8-1 هيكلية المشروع 5
9-1 العوائق والصعوبات.....6
10-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة.....6
11-1 الجدول الزمني 7

الفصل الثاني:تخطيط الطرق والاعمال المساحية

1-2 مقدمة 8
2-2 العوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق.....٨
3-2 الاعمال المساحيه المطلوبه لتخطيط الطريق.....10
1-3-2 دراسة الخرائط 10
2-3-2 المساحة الاستطلاعية 11
3-3-2 المسح الابتدائي 11
4-3-2 المساحة التفصيلية 12
5-3-2 الأعمال المساحية النهائية.....12
1-5-3-2 مرحلة المسح التثبيتي.....12
2-5-3-2 مرحلة المسح الإنشائي.....13

الفصل الثالث : حجم واشارات المرور

1-3 حجم المرور.....14
1-1-3 العد اليدوي.....14
2-1-3 العد الميكانيكي.....14
3-1-3 العد بطريقة المشاهد المتحرك.....15
4-1-3 مكان انطلاق السير ووجهته النهائية.....15
5-1-3 السير الحالي والمستقبلي.....16
6-1-3 عمر الطريق.....16
7-1-3 سعة الطريق.....16
2-3 تعداد المركبات.....17
3-3 إشارات المرور.....22
1-3-3 أنواع الإشارات.....22
2-3-3 مواصفات الإشارات.....22
3-3-3 موقع الإشارة.....23
4-3 علامات المرور على الطريق 25
1-4-3 أهداف علامات المرور.....25
2-4-3 الشروط الواجب توفرها في علامات المرور.....26
3-4-3 أنواع علامات المرور.....26

الفصل الرابع: التصميم الهندسي للطريق

1-4 مقدمة 27
2-4 التصنيف الوظيفي للطرق.....27
3-4 أسس التصميم الهندسي للطرق.....28
1-3-4 حرم الطريق.....28
2-3-4 حجم المرور.....29
3-3-4 تركيب المرور.....29
4-3-4 السرعة.....29
5-3-4 قطاع الطريق.....30
6-3-4 عرض الحارة.....30
7-3-7 الميول العرضية.....30

8-3-4 الميول الطولية.....٣١
9-3-4 الميول الجانبية.....٣٢
1-3-4 الأكتاف.....٣٢
11-3-4 الأرصفة.....٣٣
12-3-4 الاطاريف.....٣٣
13-3-4 الجزر الفاصلة بين الإتجاهين.....٣٥
14-3-4 الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية.....٣٥
15-3-4 الجدر الاستنادية.....٣٥

الفصل الخامس: التخطيط الأفقي والراسي

1-٥ المقدمة.....٣٦
2-٥ القوة الطاردة المركزية.....٣٦
3-٥ ارتفاع ظهر المنحنى.....٣٧
4-٥ زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.....٣٨
1-4-٥ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق.....٣٩
5-٥ المنحنيات الأفقية.....٤١
١-5-٥ المنحنيات الأفقية الدائرية.....41
6-٥ القوة الطاردة المركزية.....48
7-٥ التعلية.....49
٨-٥ التخطيط الراسي للطريق.....51
1-8-5 أنواع المنحنيات الرأسية.....51
2-8-5 عناصر المنحنى الرأسي.....٥٢
3-8-5 الميول الرأسية العظمى.....٥٢
4-8-5 طول المنحنى الرأسي.....٥٣
9 -5 التقاطعات على الطرق.....٥٨
1-9-5 التقاطع البسيط.....58
2-9-5 التقاطع الجرسي.....60
3-9-5 التقاطع ذو القنوات.....60
4-9-5 الدوار.....61
5-9-5 التقاطع ذو الإشارة الضوئية.....61
6-9-5 الجزر الفاصلة بين اتجاهين.....61
7-9-5 الجزر على التقاطعات.....61
1-7-9-5 أشكال الجزر.....61

الفصل السادس: المضلعات(Traverse)

1-6 القراءات.....63
٢ -6 حساب إحداثيات المحطات قبل التصحي.....63
٣-6 تصحيح الأخطاء للمضلع.....64
١-3-6 الأخطاء في المسافات.....65
٢-٣-6 الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز.....65
٣-٣-6 أخطاء التوجيه.....65
٤-٣-6 الأخطاء في قياس الزوايا.....66
٤-6 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات.....66
1-4-6 Least Square Method.....67
٥-٦ النتائج.....72

الفصل السابع : حساب المساحات والحجوم

1-7 المساحات.....٧٣
1-1-7 طريقة الإحداثيات.....٧٣
2-7 حساب الحجوم والكميات.....٧٤
1-2-7 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي.....٧٥
1-1-2-7 المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل أو ردم كامل.....٧٥
2-1-2-7 المقطع الأول حفر والأخر مختلط(أوالعكس).....٧٦
3-1-2-7 المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس):.....77
4-1-2-7 المقطعان مختلطان.....79
5-1-2-7 التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم.....81
6-1-2-7 خواص منحنى الحجوم.....82

١-٨	مقدمة	84
٢-٨	تجربة بروكتور(proctor test)	85
1-٢-8	الهدف	86
2-2-8	تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test):	86
3-٢-8	الأدوات المستخدمة	86
4-٢-8	خطوات العمل.	87
5-2-8	الحسابات	87
3-8	تجربة نسبة تحمل	88
2-3-8	الهدف من التجربة	٨٩
3-3-8	الأدوات المستخدمة	٨٩
4-3-8	طريقة العمل	٨٩
5-3-8	الحسابات	٩٠
4-8	تجربة تحليل الخلطة الإسفلت	٩٤
1-4-8	طريقة الطرد	٩٤
1-1-4-8	الأدوات المستخدمة	٩٤
2-1-4-8	طريقة العمل	٩٥
3-1-4-8	الحسابات	٩٥

الفصل التاسع: التصميم الإنشائي للطريق (Structural Design)

١-٩ مقدمة..... ٩٧

٢-٩ العناصر الإنشائية للرصفة المرنة)..... ٩٨

٣-9 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO..... ٩٩

4-9 حساب الأوزان المحورية القياسية)..... ٩٩

٥-9 حساب سماكة الطبقات..... ١٠٤

فهرس الأشكال

رقم الشكل	الشكل	رقم الصفحة
(٤-١)	ادخال الميول العرضية على الطريق	31
(٤-٢)	الميول الطولية للطريق	32
(٤-٣)	الأنواع المختلفة الاطاريف	34
(5-١)	تأثير القوة الطاردة المركزية	36
(5-٢)	شكل المركبة على المنحنى	39
(5- ٣)	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	40
(5-٤)	دوران قطاع الرصف	40
(5-٥)	انواع المنحنيات الدائرية	41
(5-٦)	عناصر المنحنى الدائري البسيط	42
(5-٧)	عناصر المنحنى الدائري المركب	44
(5-٨)	المنحنى الدائري مكسور الظهر	45
(5-٩)	المنحنيات العكسية	45
(5-١٠)	المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية	46
(5-١١)	المنحنى البيضوي (برنولي)	47
(5-١٢)	الكلوتويد	48
(5-١٣)	تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات	48
(5-١٤)	فرق الميل أو زاوية الميل	51
(5-١٥)	عناصر المنحنى الراسي	52
(5-١٦)	منحنى رأسي قاعي	54
(5-١٧)	يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن	55
(5-١٨)	مسافة الرؤية للتجاوز	56
(5-١٩)	التقاطع البسيط	59
(5-٢٠)	تقاطع الطريق مع توسعه	59
(5-٢١)	تقاطع الطريق مع مسرب	59
(5-٢٢)	تقاطع طريق مع مسرب وسطي	60
(5-٢٣)	انعطاف دورة واحدة	60
(5-٢٤)	انعطاف مزدوج	60
(5-٢٥)	اشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات	62
(1-7)	مقطع عرضي	73
(2-7)	المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل	75
(3-7)	المقطع الأول مختلط والآخر حفر	76-77
(4-7)	المقطع الأول مختلط والثاني ردم	78
(5-7)	المقطعان مختلطان	79
(6-7)	التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم	82
(7-7)	خط التعادل على منحنى الحجوم	83
(8-7)	منحنى الحجوم للشارع	83
(1-8)	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة	88
(2-8)	المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ١٠ ضربات	91
(3-8)	المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٣٠ ضربة	92

رقم الشكل	الشكل	رقم الصفحة
(4-8)	المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٦٥ ضربة	93
(5-8)	العلاقة بين الكثافة الجافة وقيم CBR عند غرز ٥.٠	93
(6-8)	العلاقة بين نسبة المار وفتحة المنخل	96
(1-9)	طبقات الرصفة المرنة	98
(2-9)	ايجاد(S-soil support value)	107
(3-9)	AASHTO flexible-pavement design	108

فهرس الجداول

رقم الجدول	الجداول	رقم الصفحة
(١-1)	بين فعاليات المشروع	7
(١-٣)	سعة الطريق حسب مواصفات هيئة آشتو(**AASHTO**)	17
(٢-٣)	تعداد المركبات على الطريق المقترح إعادة تصميمه	17
(٣-٣)	متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع	20
(٤-٣)	إشارات التحذير ومدلولاتها	23
(٥-٣)	إشارات الإرشاد ومدلولاتها	24
(١-٤)	نوع الطريق وعرض حرم الطريق	28
(٢-٤)	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	29
(٣-٤)	الميول العرضيه حسب نوع الرصفه	31
(٤-٤)	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	32
(١-5)	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	38
(٢-5)	قيم الرفع الجانبي المرغوبة و ذلك لعدة طرق مختلفة	50
(٣-5)	بين أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميميه ودرجة الرفع الجانبي للطريق والاحتكاك الجانبي	50
(٤-5)	بين قيمة الميول الراسية العظمى بالاعتماد على العوامل السابقة	53
(٥-5)	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	55
(٦-5)	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	56
(١-6)	القراءات التي تم رصدها في الميدان لحساب إحداثيات النقاط	63
(٣-6)	الإحداثيات غير المصححة للمحطات في الميدان	64
(٤-6)	إحداثيات المعلومة (**Trigs**)	64
(٥-6)	معدل المسافات المقروءة بين النقاط و مقدار الخطأ في كل مسافة	66
(٦-6)	الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان	70
(٧-6)	طول الخطوط التي تربط كل محطتين ومقدار الدقة فيها	72
(٨-6)	Semi-Axes	72
(1-7)	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	74
(2-7)	كميات الحفر والردم للشارع	80-81
(1-8)	قيم الكثافة الرطبة للعينات	87
(2-8)	قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة للعينات	88
(3-8)	لعلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ١٠ ضربات	89
(4-8)	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٣٠ ضربة	91
(5-8)	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٦٥ ضربة.	92
(6-8)	الكثافة الجافة للقوالب الثلاثة وقيم **CBR** لها	93
(7-8)	التدرج الحبيبي للخلطة الإسفلتية	96
(1-9)	نسبة المركبات في المشرب الواحد	100
(2-9)	معامل النمو(Growth factor)	100

رقم الجدول	الجداول	رقم الصفحة

101	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسي	**(3-9)**
103	عدد ونسبة المركبات المارة في الشارع	**(4-9)**
104	نسبة كاليفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصيفة	**(5-9)**
105	قيمة المعامل المناخي(Regional Factor)	**(6-9)**
106	معامل الطبقة (layer coefficient) للإسفلت	**(7-9)**
106	معامل الطبقة(layer coefficient)للسكورس	**(8-9)**

(Appendix) الملاحق

الملحق رقم (١) منطقة الدراسة.....90

الملحق رقم (2)المصادر والمراجع.....91

الملحق رقم (٣) رسمة المضلع ٩٢

الفصل الأول

المقدمة

1-1 مقدمة:-

تلعب الطرق دور مهم وفعال في التنميه الحضريه حيث ان لها الدور الرئيسي في التطور الاقتصادي والاجتماعي والرقي بالمجتمع الى اعلى درجات التطور والنمو على كافة المجالات حيث ان المنطقه التي تعتبر متقدمه في هذه المجالات اكثر ما تتميز به هو نظام شبكة الطرق فيها.

حيث 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 إلى التصميم الهندسي المناسب للطريق، حيث يعرف التصميم الهندسي للطريق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية والعروض والانحدارات.....الخ.

1-2 نبذة تاريخية عن الطرق:-

لا يعرف تاريخ محدد لمولد الطرق ، لكن مع توطن البشر واستئناسهم للحيوانات قبل نحو ٩٠٠٠ق.م كانت المسارات التي سلكها الناس بحيواناتهم هي أول طرق سير عرفها البشر.

ارتبطت شبكة الطرق على مر العصور بارتباط وثيق بتطور الانسان ، و الطرق كانت تعكس مدى التطور الذي توصل اليه الانسان على مر العصور، حيث ان الطريق تطورت من طريق ترابيه تفتقر الى التخطيط السليم و كان العنصر الاساسي في التنقل فيها هو الاعتماد على الحيوانات، وهكذا استمر الانسان فترة طويله من الزمن الى ان توصل الي صناعة العربات ومن ثم السيارات كوسيلة نقل حديثة، ثم اصبح من الملزم للانسان الى ان يبحث عن الطريقه الصحيحه في انشاء شبكة طرق ، و اصبحت تعتمد على نظريات هندسيه وعلى تخطيط سليم يرتقي بالانسان الى اعلى درجات الراحه والرقي.

ويعود تاريخ الطرق الحديثة إلى اليوم الذي اخترع فيه الإنسان العجلة منذ حوالي ٥٠٠٠ عام قبل الميلاد، حيث عرف الإنسان أول طريق مرصوفة بالأحجار في عام ٣٥٠٠ ق.م في بلاد ما بين الرافدين، ثم أتى البابليون وبنوا شبكة مهمة من الطرق تصل العاصمة بالمناطق المحيطة بها، وكانوا أول من استخدم الإسفلت (القار) كمادة من مواد إنشاء الطرق. ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي أنشئت آلاف الكيلومترات من الطرق التي أخذت بعين الاعتبار تصريف المياه والتأسيس على أرضية صلبة وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية.

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

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

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

3-1 أهمية وأهداف المشروع :-

أن الهدف من وراء إنشاء الطرق حسب المواصفات الهندسية هو خدمة الناس وتسهيل حركتهم لقضاء حاجاتهم و وصل المناطق ببعضها، أو لنهضة عمرانية وزراعية على طول الطريق، فلابد من وضع تصميم نموذجي يخدم تلك الأغراض ولا سيما أننا لاحظنا أن الأراضي في تلك المنطقة اغلبها اراضي زراعيه.

اهداف المشروع :

- العمل على تطور تلك المنطقه حيويا واقتصاديا وخدمة السكان وتسهيل وصولهم الى ممتلكاتهم من اراضي ومنازل.
- الأهمية الحيوية لهذا الشارع حيث أنه يربط بين الطريق الرئيسي المؤدي الى وسط حلحول بالطريق الرئيسي المؤدي الى بلدة نوبا، بالإضافة إلى الظروف السياسية التي تؤثر على المدينة وسياسة الاغلاق اصبح من الضروري ايجاد الطرق البديله والمختصره للتسهيل على السكان والمواطنين في الوصول الى اماكن سكناهم.
- توفير سبل الأمان على الشارع وذلك بتوفير الأرصفة وممرات المشاة والإشارات المرورية اللازمة للشارع ما أمكن.
- تصميم شارع(عين البيض) حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا لقانون وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.
- يعمل هذا الطريق على احياء الاراضي واستغلالها بشكل افضل من قبل مالكيها حيث يصبح من الممكن الوصول الى الاراضي المجاوره بشكل اسرع واسهل وباستخدام وسائل نقل اكثر تطوراعن ما كان مستخدم.
- الاستفادة من البرامج الحديثة في تصميم الطرق مثل برامج:
  - Auto Desk
  - Auto Cad
  - GIS

4-1 أهمية الطرق في مجالات التنمية الحيوية :-

تمثل الطرق العمود الفقري للبلاد والذي تتمحور حوله وحدة البلاد ونموها وتطورها. حيث أن الطرق تكون المقياس الأول الذي يُحكم من خلاله بمقدار التطور الذي وصلت إليه البلد، وتسهل الطرق حركة وتنقل الناس وربطهم بأماكن عملهم. لذا فالطرق عنصر ضروري للمجتمع في جميع مجالات التنمية الحيوية، فالتطور في الطرق عمل على تغيير نمط الحياه وتطورها من حيث توزيع مراكز الانشطة الاقتصادية والاجتماعية والتجارية والتجمعات السكنية والاماكن الترفيهية بشكل منظم ومتناسق يسهل الوصول اليها .

1-5 منطقة الدراسه:-

1-5-1 موقع مدينة حلحول:-

تقع مدينة حلحول على الكيلو ٣٠ من طريق القدس-الخليل على بعد ٧ كم من شمال الخليل، كما تبتعد حوالي ٢٥ كيلو متر عن البحر الميت وحوالي ٦٠ كيلو متر عن البحر الابيض المتوسط و ٣٠ كم عن القدس، ترتفع عن سطح البحر ٩٩٧ متر عن سطح البحر وهي بذلك اعلى نقطه مسكونه في فلسطين، مناخها معتدل تبلغ متوسط درجة الحراره تقريبا ١٥ وكمية الامطار السنويه تقدر ب ٥٠٠ ملم، وتبلغ المسحه الاجماليه لمدينة حلحول حوالي ٣٩٠٠٠ دونم.

1-5-2 الموقع للطريق:-

تقع هذه الطريق في أقصى غرب مدينة حلحول حيث تربط بين منطقة وسط حلحول والشارع الرئيسي المؤدي إلى بلدة نوبا، كما يظهر في الملحق (منطقة الدراسة) و يبلغ طول هذه الطريق حوالي ٤٠٠ م وعرض ٦ م، حيث تمر هذه الطريق بعدة مناطق زراعيه مهمة فهو يمتد غربا بدءاً من الشارع المؤدي الى منتزه حلحول الى الشارع الرئيسي المؤدي بلدة نوبا، ويتخلل هذه الطريق اراضي زراعيه على جانبيه وبعض المنازل.

1-6 دراسات سابقه:-

بما ان الطريق المقترح تصميمه لم تجري عليها أي دراسات ولم يتم عمل أي تصميم لهذا الطريق، لذلك لم يتوفر لدينا أي شيء عن الدراسات السابقه.

1-7 طريقة البحث:-

- القيام بتحديد موضوع البحث (تصميم شارع عين- البيض) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية حلحول.
- 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 .

- القيام بزيارة لبلدية حلحول من اجل التعرف على القوانين المتبعة قي 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.

8-1 هيكلية المشروع :-

تم تقسيم البحث ليشتمل على عدة فصول كالتالي:

- الفصل الأول: يحتوي على المقدمة التي توضح موضوع البحث (تصميم شارع عين- البيض)، الأهمية، الأهداف، طريقة البحث، هيكلية البحث. .العوائق والصعوبات ، الدراسات السابقه.
- الفصل الثاني: يتحدث عن تخطيط الطرق والاعمال المساحيه وعن العوامل الرئيسيه التي تتحكم في تخطيط الطرق ودراسة الخرائط.
- الفصل الثالث: يتطرق الى حجم واشارات المرور وطرق العد للمركبات وعمر الطرق وسعة الطريق وعن انواع الاشارات ومواقعها وعلامات المرو.
- الفصل الرابع: يتحدث عن اسس التصميم الهندسي للطريق وحرم الطريق وتركيب المرور والسرعه على الطريق وقطاع الطريق وعرض الحاره والميول العرضيه والميول الطوليه والجانبيه ويتطرق الى الاكتاف والارشفه والاطاريف والجزر.
- الفصل الخامس: يتحدث عن التصميم الأفقي والرأسي للطريق وكيفية تصميم المنحنيات الأفقية والمتدرجة والميول العرضية بألاضافة الى عن تصميم المنحنيات الرأسية والعناصر الأساسية للمنحنى الرأسي والميول الرأسية العظمى في الطرق.
- الفصل السادس: يتحدث عن تصحيح المضلع بطريق(Least Square).
- الفصل السابع: يتحدث عن كيفية حساب الحجوم والكميات باستخدام القوانين اللازمة لذلك وعمل امثلة على العديد من المقاطع كما سوف يوضح من خلال هذا الفصل.
- الفصل الثامن: يتحدث عن الفحوصات المخبرية التي تجري على طبقات الرصفة وحساب قيم ال CBR لكل طبقة من طبقات الرصفة.
- الفصل التاسع: يتحدث عن التصميم الانشائي للطريق.

9-1 العوائق والصعوبات:-

١- الظروف السياسية والأمنية السائدة في المنطقة حيث أن الشارع يقع في منطقه كثيرا ما تتعرض لعدد من المداهمات والتفتيش من قبل قوات الاحتلال الاسرائيلي.
٢- صعوبة الوصول بالاجهزه المساحيه الى الموقع وذلك عند المرور عن حاجز جسر حلحول.
٣- صعوبة الحصول على المعلومات من الجهات الرسمية أثناء عملية جمع المعلومات.
٤- كثرة التفاصيل حول الطريق مما يؤدي إلى صعوبة العمل الميداني وصعوبة التصميم.
٥- مرور الطريق من أراضي زراعية واعاقة المواطنين في بعض الأحيان دون العمل المساحي.

10-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة:-

1- أجهزة المحطة الشاملة (Total Stations) وما يلزم معها مثل (عواكس، أجهزة لاسلكية، شريط قياس مسافات، علبة دهان لتعليم النقاط،...الخ) .
2- برنامج (AutoCAD).
3- برنامج(Auto Desk).
٤- برنامج (Word&Excel)

11-1 الجدول الزمني : -

جدول (1-1) يبين فعاليات مشروع التخرج(٢٠٠٩-٢٠١٠)

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 ألافقي + القاطعات	٣																	
التصميم الرئسي + إشارات مرور	٣																	
حساب الكميات + الإنارة	٣																	
الفحوصات الإنشائية	٤																	
الحسابات الإنشائية	٢																	
تجهيز التقرير النهائي	١																	

الفصل الثاني

تخطيط الطريق والأعمال المساحية

2-1 مقدمة :-

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

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

١- أن يكون الطريق اقصر ما يمكن.
٢- أن يكون الميل مناسبا قدر الإمكان.
٣- أن تكون الاستفادة من الطريق اكبر ما يمكن.
٤- أن تكون التكلفة اقل ما يمكن.

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

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

أولا: النقاط الحاكمة:-

وهي النقاط الاساسيه التي يمر بها مسار الطريق وتنقسم الى قسمين:

- نقاط يجب ان يمر بها الطريق اضطراريا وهذه النقاط قد تسبب زياده في طول المسار او المرور بمناطق صعبه كالمرور حول منطقه جبليه وعدم اختراقها والبدائل هي عمل انفاق ولكن تكلفة الانفاق عاليه جدا وتعمل على زيادة التكاليف لانشاء هذه الطريق.
- نقاط يجب ان لا يمر بها الطريق وفي هذه الحاله يجب تغيير المسار بشكل كلي ومن هذه النقاط مثلا اماكن العباده، المقابر، المنشآت الضخمة عالية التكاليف او البرك والمستنقعات.

ثانيا: التصميم الهندسي للطريق:-

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

- ميل الطريق.
- إمكانية التنفيذ.
- التصميم الأفقي.
- التصميم الرأسي.
- الحد الاقصى للانحدار يجب ان لا يزيد عن (١٢-١٤)%، ولتفادي الانحدار الكبير يفضل ان يكون الطريق موازي لخطوط الكنتور.

ثالثا: حجم المرور:-

يجب ان يتماشى تخطيط الطريق مع حجم المرور الحالي والمتوقع في المستقبل ولذلك يجب عمل دراسه على المسار المرغوب لمعرفة اتجاهات حركة المرور المتوقعه.

رابعا: التكلفة:-

بعد ان تؤخذ العوامل السابقه بعين الاعتبار يجب ان يكون اختيار المسار النهائي متوقفا على التكلفه والتي يجب ان تشمل تكلفة الانشاء والصيانه والتشغيل ويمكن جعل تكلفة الانشاء قليله في حال تجنب الجسور العاليه والقطع بكميات كبيره.

خامسا: عوامل اخرى:-

عوامل صرف مياه الامطار عن سطح الطريق وكذلك تحديد منسوب المياه الارضيه ومعدل التسرب ومنسوب مياه الفياضانات اذا كانت المنطقه التي يمر بها الطريق منخفضه، وعند اختيار التخطيط الراسي للمسار يجب ان يؤخذ بعين الاعتبار كيفية التخلص من المياه في حالة الفياضانات.

وفي بعض الحالات قد يتغير تخطيط الطريق حتى لا يمر في ارض الاخرين خاصة عندما يكون مسار الطريق بالقرب من الحدود مع دوله اخرى.

3-2 الاعمال المساحيه المطلوبه لتخطيط الطريق:-

قبل توقيع مسار الطريق على الخرائط يجب ان تؤخذ العوامل الاساسيه التي تتحكم في تخطيط الطريق بعين الاعتبار قبل المرور في مرحلة الاعمال المساحيه التي يجب ان تنفذ في تخطيط وانشاء الطريق وتقسم الى:

- دراسة الخرائط Map Study .
- المساحة الاستطلاعية Reconnaissance.
- المسح الابتدائي Preliminary Surveys.
- المساحة التفصيلية Detailed Surveys.
- الأعمال المساحية النهائية(Final survey).

1-3-2 دراسة الخرائط Map Study:-

من واقع الخرائط الطبوغرافية المتاحة يمكن تحديد عدة مسارات بديلة وتوقيعها على هذه الخرائط ولكن في جميع الأحوال يجب الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الواقع الفعلي والتفصيلي. ويجب أن نأخذ في الاعتبار النقاط التالية عند توقيع مسار الطريق:

أ- تجنب عبور الوديان أو البرك أو البحيرات والمستنقعات.

ب- عندما يتطلب الأمر صعود الطريق إلى أعلى مرتفع أو هضبة (Hill) يجب أن لا يتعدى انحدار الخط الانحدار الحاكم.

ولكن بما أن المسار موجود أصلا، لهذا رجعنا إلى الطبيعة مباشرة للإطلاع على الطريق فوجدنا أن المسار المختار على ارض الواقع مناسب من حيث عبور الوديان فهو تقريبا يمر بمحاذاة سفح الجبال الموجودة بحيث

يتجنب عبور الوديان الموجودة في تلك المنطقة، أما بالنسبة للخرائط الموجودة عن تلك المنطقة وبعد الرجوع إلى البلدية (بلدية حلحول) تبين انه لا يوجد عندهم أي خرائط مفصلة للطريق نستطيع الاستفادة منها.

2-3-2 المساحة الاستطلاعية Reconnaissance:-

مهما كانت الخرائط بين يدي المهندسين كاملة ووافية وغنية بالمعلومات إلا انه من الضروري جدا القيام بعملية المساحة الاستطلاعية وذلك لكي يقوم المهندس المصمم بالمرور على المنطقه المراد اقامة الطريق عليها حيث من الممكن ان يضطر بتعديل المسار لامور اخرى غير ظاهره على الخرائط، اما اهم المعلومات التي يتم جمعها بالمساحه الاستطلاعيه فهي كالتالي:

- الانحدار وطوله وانصاف اقطار المنحنيات للمسارات البديلة.
- العوائق غير الظاهرة على الخرائط وتعترض مسار الطريق المقترح مثل الوديان، المستنقعات، والمرتفعات، ....الخ.
- نوع وطبيعة التربة للموقع المقترح للمسار، ومعرفة ألاماكن التي يمكن تحدث فيها الانزلاقات والانهيارات.
- مصادر المواد الانشائية وكيفية الحصول عليهاوعلى المياه اللازمة لانشاء الطريق.

وهذا وقد قمنا قبل كل شيء 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 وذلك أيضا بمساعدة الأهالي،وفي نهاية المسح الاستطلاعي قد يتم تعديل المخطط او تثبيته كما تم من خلال دراسة الخرائط.

3-3-2 المسح الابتدائي Preliminary Survey:-

حيث قمنا بعدة أعمال وهي:

1- عمل مضلع مفتوح (Link Traverse) للطريق وذلك بواسطة جهاز(Total station)، عن طريق البدء بنقطتين معلومات الإحداثيات (Trig Point) موجودة في المنطقة حيث قمنا بنصب الجهاز على النقطة الأولى والتوجيه على النقطة الثانية(وهي معلومة الإحداثيات) ثم عمل مضلع على طول مسار الطريق ، وفي أخر الطريق تم تحديد نقطتين معلومتي الاحداثيات للتأكد من صحة العمل.

2- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار سلاسل وغيرها من التفاصيل.

3- اخذ مقاطع عرضية للطريق **عند كل ٢٥م** وذلك لحساب كميات الحفر والردم.

4-3-2 المساحة التفصيلية Detailed Surveys:-

بعد المساحة الابتدائية يتم اختيار المسار النهائي المفضل حيث يتم توقيع محور هذا المسار ثم بعد ذلك تتم جميع عمليات المساحة التفصيلية اللازمة لتوقيع وتخطيط الطريق بوضع أوتار خشبية أو زوايا حديد على محور الطريق وعلى مسافات متقاربة في حدود **٣٠ مترا**.

5-3-2 الأعمال المساحية النهائية(Final survey):-

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

1-5-3-2 مرحلة المسح التثبيتي (Location survey):-

بعد أن تم التوصل إلى تحديد محور الطريق المقترح يجري تثبيت خط الوسط بواسطة فريق الترافيرس، وكذلك يتم التثبيت بوضع أوتاد على خط المحور على مسافات متساوية وكذلك يتم تثبيت بداية المنحنى الأفقي ونهايته ونقاط التقاطع ويتم ربط هذه النقاط بنقاط ربط ثابتة و واضحة .

بعد ذلك يتم عمل ميزانية طولية أي اخذ مناسيب على خط المحور كما يتم اخذ مناسيب عرضية على مقاطع عرضية تؤخذ كل (٢٠ - ٥٠) متر بالإضافة إلى مقاطع عرضية عند مجاري المياه بحيث تمتد تلك المقاطع العرضية على جانبي المحور لمسافات كافية لتصميم جسم الطريق ويتم اخذ عينات ترابية من الطريق **عند تلك المقاطع لعمل الفحوصات اللازمة**.

تؤخذ المناسيب الطولية والعرضية إلى المكتب و يتم تصميم الطريق بالمستوى الرأسي أي تحديد **انحداراتها** وتصميم منحنياتها الراسية ويتم تحديد عرض سطح الطريق و الميول الجانبية ومن ثم حساب كميات **الحفر والردم** .

2-5-3-2 مرحلة المسح الإنشائي (Construction survey):-

يتألف بشكل رئيسي من تثبيت الأوتاد و على وجه التحديد فانه يشمل الأمور التالية:

١. تثبيت جميع أوتاد الطريق وتثبت على بعد ٢٠ أو ٢٥ متر على امتداد المحور الطولي للطريق مع تثبيت بداية المنحنى و نهاية ونقاط التقاطع والربط.

٢. تثبيت أوتاد الميول الجانبية.

٣. تثبيت أوتاد حدود حرم الطريق وهو العرض المخصص لكامل جسم الطريق مع أي توسعات في المستقبل وتثبيت الأوتاد هنا على حدود الأرض المملوكة و المخصصة للطريق.

٤. تثبيت أوتاد المرجع (Reference point).

٥. تثبيت الأوتاد اللازمة لتحديد حفر استعادة المواد وحدودها هي مناطق يتم جلب الردم منها في حالة عدم توفر كميات كافية للردم في الطريق.

تثبيت الأوتاد اللازمة للمنشآت الأخرى كالأبنية و العبارات و الجزر و وسائل الحماية على جانبي الطريق.

الفصل الثالث

حجم وإشارات المرور

3-1 حجم المرور:

هو عدد امركبات المارة عند نقطة معينة خلال فترة زمنية محددة وهو يختلف عن سعة اوكثافة الطريق والتي تعرف بانها عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة في وقت محددو يعتبر حجم المرور من الأسس الرئيسية التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار عند تصميم الطريق على أن تشمل دراسة حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا والذي يعبر عنه بحجم المرور اليومي المتوسط هذا بالإضافة إلى حجم مرور الساعي التصميمي (DHV) في الاتجاهين كما يجب تحديد نسبة حجم المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة وخاصة للاتجاه السائد الذي يتراوح عادة مابين (50 -60)% من حجم المرور الكلي للاتجاهين،ويعبر عن حجم المرور عادةبالمرور المختلط والذي يشمل جميع انواع المركبات،وفي كثير من الاحوال يتم تحويل المرور المختلط الى وحدات مرور مكافئه لعربة التصميم (equivalent passenger car) بحيث يتم التصميم الهندسي للطريق على اساسها وعادة يكون لهذه المركبه عدد محاور واوزان محدده, ولمعرفة حجم المرور لا بد من القيام بتعداد المركبات حيث ان العدد يختلف من ساعه الى ساعه ومن يوم لاخر ومن شهر الى اخر خلال السنه لذلك لا بد من عمل التعداد على مدار ساعات النهار خلال اليوم الواحد على مدار العام للتوصل الى المعلومات المطلوبه ، وتتم معرفة حجم المرور عن طريق إتباع طرق إحصائية مختلفة للمركبات على الطريق ، ومن هذه الطرق :

3-1-1 العد اليدوي:

حيث يقف فريق من الناس يقوم بتسجيل الوقت وعدد السيارات مع تحديد أنواعها (شاحنة، باص،حافلة،سيارة ركاب) وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والدقة وتحديد عدد المحاور للمركبات ولكنها مكلفة وتحتاج إلى فريق عمل كبير خاصة إذا كان العد سيستمر خلال الليل والنهار .

3-1-2 العد الميكانيكي:

يتم إجراءه بواسطة : اللاقط المغناطيسي ، والتصوير ،والرادار ، والخراطيم التي تثبت على الطرق وتمر فوقه السيارات وتسجل العدد بواسطة جهاز مثبت على جانب الطريق .

ومن فوائد هذه الطريقة أنها رخيصة ولكن من مساوئها أنها تحتاج إلى صيانة دائمة ولا تقوم بتصنيف أنواع السيارات أو عدد محاورها.

3-1-3 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.

3-1-4 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 Annual Average Daily Traffic (AADT) وهو مجموع عدد المركبات التي تمر عند نقطة معينة خلال السنة مقسوما على عدد أيام السنة.

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

5-1-3 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.

6-1-3 عمر الطريق:

إن في أي عملية تصميم ينظر للزيادة المتوقعة في استخدام هذا الطريق وبذلك فمن الواجب تحديد فترة زمنية للتصميم مثلا ٥ أو ١٠ أو ١٥ أو ٢٠ عاما تصبح بعدها الطريق إما عديمة الفائدة أو تحتاج لإعادة صيانة، وعند تصميم الطرق لفترة قصيرة تكون اقل تكاليف ولكن بنفس الوقت تكون خدمتها محدودة على عكس الطرق المصممة لأعمار كبيرة تكون تكاليفها عالية وبنفس الوقت تخدم فترات كبيرة.

7-1-3سعة الطريق:

تعرف السعة للطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية معطاة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور. وتعتمد سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول التالي يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو الأمريكية (AASHTO).

جدول (٣-١) سعة الطريق حسب مواصفات هيئة آشتو(AASHTO).

نوع الطريق	السعة(سيارة خاصة /ساعة)
طريق سريع	2000 (لكل حارة)
طريق بحارتين	3000(الإجمالي في الاتجاهين)
طريق ذو ثلاث حارات	4000 (الإجمالي في الاتجاهين)

2-3 تعداد المركبات :-

و تتم عملية تعداد ا لمركبات خلال ساعات مختلفة وفي أيام مختلفة وتحديد ساعات الازدحام ومن خلال ذلك يتم حساب عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hour Volume) (D.H.V)كما هو مبين في الحسابات اللاحقة.

و 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. وتجدر الاشاره بان الطريق المزمع تصميمه لا يوجد به أي حجم مروري وذالك لان الطريق غير مؤهل لسير المركبات بشتى انواعها عليه.

و الجدول التالي يبين تعداد المركبات على الطرق المؤديه للطريق المقترح تصميمه بالاضافه للتاريخ لكل يوم، مع العلم أن الفترة الزمنية للتصميم ل (٢٠)سنة مقبلة.

جدول (٣-٢): تعداد المركبات على الطريق المقترح إعادة تصميمه

اليوم	الفترة الزمنية		نوع المركبات		
	الزمن	عدد المركبات	سيارات صغيرة	باصات	شاحنات
السبـــت ٠٩/٥/٢	7-8	310	295	1	*14*
	8-9	250	230	1	*19*
	9-10	180	152	0	*28*
	10-11	150	130	0	*20*
	11-12	190	153	0	*37*

	12-1	300	277	1	*22*
	1-2	295	264	1	*30*
الأحـــد ٠٩/٥/٣	7-8	310	264	1	*45*
	8-9	260	225	1	*34*
	9-10	175	153	0	*22*
	10-11	132	103	0	*29*
	11-12	165	137	0	*28*
	12-1	260	213	1	*46*
	1-2	188	138	1	*49*
الاثنين ٠٩/٥/٤	7-8	315	302	1	*12*
	8-9	228	193	1	*34*
	9-10	205	179	1	*25*
	10-11	170	138	0	*32*
	11-12	235	200	0	*35*
	12-2	212	173	1	*38*
الثلاثاء ٠٩/٥/٥	7-8	315	286	1	*28*
	8-9	240	211	1	*28*
	9-10	240	222	0	*18*
	10-11	136	99	0	*37*
	11-12	106	77	0	*29*
	12-1	177	134	1	*42*
	1-2	172	121	1	*50*
الأربعـــاء ٠٩/٥/٦	7-8	287	280	1	*6*
	8-9	305	289	1	*15*
	9-10	130	110	0	*20*
	10-11	111	78	1	*32*
	11-12	135	103	0	*32*
	12-1	166	115	1	*50*

	1-2	170	121	1	*48*
الخمـــيس ٠٩/٥/٧	7-8	302	293	1	*8*
	8-9	307	284	1	*22*
	9-10	201	187	0	*14*
	10-11	121	100	0	*21*
	11-12	135	102	0	*33*
	12-1	144	113	1	*30*
	1-5	423	361	1	*61*
الجمعـــة ٠٩/٥/٨	7-8	36	36	0	*0*
	8-9	44	38	0	*6*
	9-10	100	95	0	*5*
	10-2	*250*	*222*	*1*	*27*

لحساب عدد المسارات المطلوبة في الطريق ، يتم استخدام المعلومات التي تم جمعها من حجم المرور ، حيث ان الجدول التالي يظهر معلومات تعداد المرور لمدة أسبوع على مقطع من الشارع :

جدول (٣-٣) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.

الأيام	متوسط عدد المركبات لكل ساعة		
	سيارة	باص	شحن
الجمعة	56	1	6
السبت	215	1	25
الأحد	176	1	36
الاثنين	169	1	25
الثلاثاء	164	1	33
الأربعاء	157	1	29
الخميس	144	1	19

ان المعلومات التي تظهر في الجدول السابق يتم تحويلها إلى عدد من المركبات المكافئة باستخدام معاملات وفقا للمواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين كما يلي :

عدد السيارات الصغيرة × 1

عدد الباصات × 2.5

عدد الشاحنات × 3

أي أن عدد المركبات الكلي = (عدد السيارات الصغيرة × 1 + عدد الباصات × ٢.٥ + عدد الشاحنات ×3)

متوسط السيارات الصغيرة في الساعه = (56+215+176+169+164+157+144)*1/7

= 154.43 سيارة صغيرة في الساعه

متوسط الشاحنات في الساعه = (19+29+33+25+36+25+6)*3/7

= 74.14 سيارة صغيرة في الساعه

الباصات=(1+1+1+1+1+1+1) * 2.5/7

= 2.5 سيارة صغيرة

متوسط عدد السيارات الصغيرة الحالي=2.5+74.14+154.43

= 231 سياره صغيره

معدل المرور اليومي ADT = 231*24

= 5544 سيارة / يوم

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المرور الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة **خلال عشرين** سنة حيث يتم ضرب معدل المرور اليومي بمعامل يساوي **٢.٥**

معدل المرور اليومي بعد مرور **٢٠سنة** = 5544 * 2.5

= 13860 سيارة / يوم

بسبب عدم توفر معلومات دقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم يساوي نسبة من معدل المرور اليومي وهذه النسبة تساوي (0.24 – 0.12) ويرمز لها بالرمز k ويتم اخذها **بالعادة** 0.16 ، لذلك فان معدل مرور المركبات للساعة التي يتم أخذها بالتصميم يمكن إيجاده من العلاقة التالية:

عدد المركبات في الساعة التصميميةD.H.V = k × معدل المرور اليومي

= 13860 ×0.16

=2217.6 سيارة /**ساعة**

وبما انه تم حساب عدد المركبات في الساعه التصميميه بناءا على **المركبات التي تمر من خلال الطرق** المؤديه الى هذه الطريق ، فانه تم مراقبه المركبات المتجهة من هذه الطرق وتم تسجيل المركبات التي يمكن ان تتخذ من خلال طريقنا مسلكا بديلا من الطرق المتبعه حاليا ووجد انها تكون بنسبة **٤٥ % من عدد المركبات الكلي**.

لذلك تكون المحصله النهائيه من عدد الركبات في الساعه التصميميه هي = 0.45*2217.6

= 997.92 سياره/ ساعه

بما إن الطرق في فلسطين هي طرق من الدرجة الثالثة فانه تم اعتماد السعة التصميمية **ل**لطريق تساوي 850 سيارة /**ساعة** ، حيث أن السعة التصميمية عبارة عن أقصى عدد من المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف السائدة.

عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة = D.H.V / السعة التصميمية

= 997.92 /850

= 1 مسرب في كل اتجاه

3-3 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.

3-3-1 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.

3-3-2 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.

3-3-3 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(٣-٤) 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(٣-٥) إشارات الإرشاد ومدلولاتها

إشارات الإرشاد	مدلول الإشارة
	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 متقلة).

.

3-4 علامات المرور على الطريق (Traffic Marking):

3-4-1 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 .

3-4-2 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.

3-4-3 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.

الفصل الرابع

التصميم الهندسي للطريق

4-1 مقدمة :-

يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق 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.

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

١- أن يتمشى التصميم مع حجم المرور المتوقع للمتوسط اليومي ولساعة الذروة مع نوع المركبات وسرعتها.
٢- أن يؤدي الطريق إلى قيادة آمنة للسيارات والسائق.
٣- أن يكون التصميم متكاملا مع تجنب التغيرات المفاجأة على المنحنيات أو الانحدارات.
٤- أن يكون التصميم شاملا لجميع الوسائل الضرورية من علامات الإرشاد والتخطيط والإضاءة.
٥- أن يكون التصميم اقتصاديا بقدر الإمكان.

4-2 التصنيف الوظيفي للطرق:-

التصنيف الوظيفي هو العملية التي يتم بموجبها تقسيم الطرق إلى أنواع أو أنظمة وفقاً لطبيعة الخدمة التي تؤديها ، ومن أساسيات هذه العملية أن ندرك أن الطرق المفردة لا تخدم حركة السفر والانتقال بوضعها المستقل خدمة ذات أهمية كبيرة ، فالواقع أن معظم حركة السفر والتنقل تتم باستخدام عدد من الطرق ولذلك فمن الضروري أن تقرر الكيفية التي يمكننا بها توجيه حركة السير ضمن شبكة الطرق ككل بطريقة فعالة ، وهنا تأتى أهمية التصنيف الوظيفي الذي يتم عن طريقه تحديد الدور الذي يؤديه كل طريق لخدمة حركة المرور والنقل ، ويتم تقسيم الطرق عادة من حيث الاشراف والتخطيط والتصميم الى:

أ ـ طرق رئيسية .

وتستخدم للمرور العابر للمناطق بين المناطق مرورا بالمدن حيث يسمح بعمل التقاطعات السطحيه على مثل هذه الطرق، وتربط هذه الطرق مراكز الأنشطة الرئيسية في المناطق الحضرية وترتبط بالشبكة الإقليمية وتتحمل أكبر حمل مروري خلال المنطقة الحضرية وعروض هذه الطرق حوالي ٤٠ (متراً فأكثر) .

ب ـ طرق ثانوية .

تقوم هذه الطرق بتجميع المركبات من الطرق الرئيسية وتقوم بتوزيعها إلي درجات الطرق الأقل وعروضها حوالي (١٦ ـ ٢٥ متراً).

جـ ـ طرق من الدرجة الثالثة (محلية) .

تقوم بتجميع المركبات خلال المناطق السكنية ومناطق الأنشطة إلي درجات الطرق الأعلى وتحمل أقل مقدار من المرور في الشبكة وتعتبر أقل درجة في التدرج الهرمي لشبكة الطرق وعروضها حوالي (١٢ـ ١٦ متراً)

4-3 أسس التصميم الهندسي للطرق:-

يجب مراعاة الأمور التالية عند القيام بالتصميم الهندسي للطريق:

4-3-1 حرم الطريق: يجب ان يكون حرم الطريق متسع بما فيه الكفايه ليشمل اجزاء القطاع جميعها بالاضافه الى عرض اضافي حيث ان العرض الاضافي يلزم لعدة استخدامات منها مسار للمشاه او مسار لمستلزمات المرافق او وضع العلامات الاسترشاديه او الاعلانات او التشجير هذا بالاضافه الى عرض قد يخصص للتوسف في الطريق مستقبلا وشراء حرم الطريق في مرحلة افضل من نزع الملكيه من اصحابها في المستقبل والجدول التالي يبين الطريق وعرض حرم الطريق حسب نظام ASHTO.

الجدول(٤-١) نوع الطريق وعرض حرم الطريق

نوع الطريق	عرض حرم الطريق (م)
طريق من مسارين	٣٦-٢٢
طريق من ثلاثة مسارات	٤٢-٣٠
طريق من اربعة مسارات	٩٣-٣٧

4-3-2 حجم المرور: هو عدد المركبات التي تمر من نقطه معينه خلال فتره زمنيه محدده و يعتبر حجم المرور من الأسس الرئيسية التي يجب أن تؤخذ في الاعتبار على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع.والتعداد الذي قام به فريق العمل الموضح بالتفصيل في الفصل الخامس.

4-3-3 تركيب المرور: وهذا يتطلب تحديد نسبة العربات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

4-3-4 السرعة: وهي اساسيه للتصميم بالاضافه الى تركيب المرور وحجم المرور الساعي والتصميم حيث يمكننا توقع السرعه التي يجب تصميم الطريق بناء عليها وطبيعة الحركة المستقبليه على الطريق وتشمل :-

١- السرعة التصميمية : هي أعلى سرعة مستمرة يمكن أن تسير بها السيارة بأمان على طريق رئيسي عندما تكون أحوال الطقس مثالية وكثافة المرور منخفضة وتعتبر مقياساً لنوعية الخدمة التي يوفرها الطريق. والسرعة التصميمية عبارة عن عنصر منطقي بالنسبة لطبوغرافية المنطقة، والجدول (٦-١) يوضح السرعه التصميميه للطرق الحضريه.

جدول (٤-٢) السرعة التصميمية للطرق الحضرية

تصنيف الطريق	السرعة الدنيا	السرعة المرغوبة
طريق محلي(LOCAL)	30	50
طريق تجميعي(COLLECTOR)	50	60
شرياني – علم	80	100
-أقل اضطراب	70	90
-اضطراب ملموس	50	60
طـــريق سريع(Expressway)	90	120

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 .

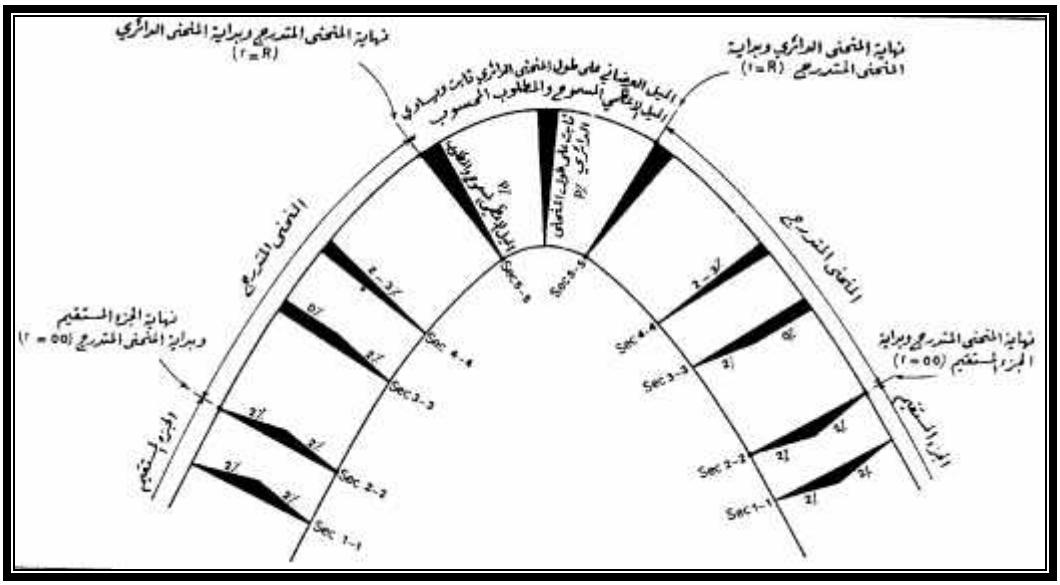
٢- سرعة الجريان Running Speed**:** تعتبر السرعة الجارية للمركبة في قطاع معين من الطريق عبارة عن **المسافة المقطوعة مقسومة على زمن الرحلة** (فقط زمن سير المركبة) .

٣- 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.

4-3-5 قطاع الطريق: يعني تصميم الاجزاء المختلفه لقطاع الطريق وهذا يتوقف على كيفية الاستفاده من هذا الطريق, فالطريق التي يمر عليها عدد كبير من المركبات او العربات وبسرعات عاليه يتطلب عدد كبير من الحارات وانحدارات طويله ومنحنيات ذات انصاف اقطار كبيره نسبيا عن الطرق التي يمر عدد قليل من المركبات عند سرعات صغيره او متوسطه, وفي الحاله الاولى يجب الاهتمام باكتاف الطريق المتسعه وعمل جزر فاصله بين اتجاهي المرور مع تخصيص حارات خاصة عند مناطق الدوران.

4-3-6 عرض الحارة: يلعب عرض الحارة دورا كبيرا في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض الحارة عن 3 **أمتار**. وفي حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة 3.7 **متر نظرا لمرور عربات الثقل بسرعة** كبيرة. وبالنسبة للطريق في هذا المشروع كان بعرض 12**متر**.

٤-3-7 الميول العرضية: عادة يتم تزويد سطح الطري بميول بالاتجاه العرضي من الجهتين وذلك لتصريف مياه الامطار وقد تكون الميول العرضيه منتظمه وتتوقف قيمة الميول العرضيه على نوع الرصفه , **وقد تم** اعتماد الميول العرضية للطريق بمقدار2% على الجانبين, **والجدول** (٦-١) يبين بعض القيم المفضله للميول العرضيه حسب نوع الرصفه المكونه للطريق .

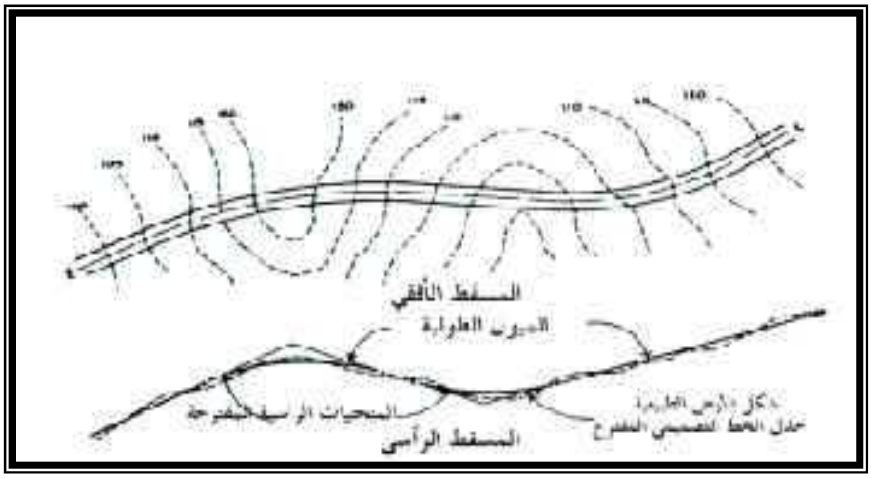


شكل (٤-١) إدخال الميول العرضية على الطريق

جدول (٤-٣) الميول العرضيه حسب نوع الرصفه

نوع الرصف	الميول العرضية المفضلة
طريق ترابي	١:٢٠ إلى ١:٢٥
طريق مكدرا	١:٣٦ إلى ١:٤٨
رصف إسفلتي	١:٤٨ إلى ١:٦٠
رصف خرساني	١:٦٠ إلى ١:٧٢

4-3-8 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 .



الشكل (٤-٣) الميول الطولية للطريق

4-3-9 الميول الجانبية: إن آخر مرحلة من مراحل تصميم مقطع جسم الطريق هي عمل الميول الجانبية؛ أي تحديد انحدار (ميلان) جانبي الطريق أي أن هذا الميلان له أثره على النواحي الاقتصادية ويتحكم في انجراف 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 بازدياد ارتفاعها لذلك فإننا نلجأ إلى زيادة حدة ميل جانبي الطريق كلما زاد ارتفاع جسم الطريق حتى يبقى العرض الذي تحتله الطريق محصورا ضمن حرم الطريق

جدول (٤-٤) الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة

نوع التربة	الميول الجانبية (أفقي: رأسي)
تربة عادية وتشمل الطين الجاف	١:١ – ٢:١
تربة صخرية متماسكة	١:٢- ١:٤
صخر طري	١:٤ – ١:٨
صخر متوسط	١:١٢ – ١:١٦
صخر صلد	رأسي تقريبا

4-3-10 الأكتاف: تزود الطرق السريعة بأكتاف جانبية لإيواء العربات المتوقفة أو استخدامها في حالات الطوارئ. كما تعمل الأكتاف على المحافظة على طبيعة الأساس والسطح الخاصة بالطرق، والحاجه الى الاكتاف تتوقف على نوع الطريق وحجم المرور وسرعة العربات وتركيب المرور وطبيعة المنطقه المار بها

الطريق، ويتراوح عرض الكتف بين 1.25متر كحد أدنى و3.6 متر كحد أقصى للطرق السريعة، ويستخدم كتف بعرض ٢.٥ الى ٣.٦ متر في حالة الطرق التي يزيد بها حجم المرور الساعي التصميمي عن مئة عربه، ومن اهم وظائف التي تقوم بها الاكتاف هي:

1 – تهيئ مكاناً لوقوف السيارات المعطلة للحالات الطارئة ، وذلك لأن وقوف السيارات على الجزء المرصوف من الطريق يكون سبباً قوياً لوقوع الطريق.

2 - تمكن السائق من الوقوف لفحص مساره على الطريق.

3 – تمكن السائق من تفادي بعض الحوادث أو تقلل من خطورتها.

4 – الأكتاف ذات الاتساع الكافي تشعر بإفساح الطريق مما يزيد ارتياح السائق.

5 – تزيد مدى سعة الطريق وتهيئ انتظام السرعة.

6 – تهيئ الأماكن اللازمة لمهمات الصيانة.

4-3-11 الأرصفة: تعتبر الارصفه في داخل المدن جزء مكمل للشوارع ومع ذالك فانه في بعض المناطق الخلويه قد يتطلب الامر عمل ارصفه بسبب عدم وجود اضاءه كافيه على الشوارع وبسب السرعات العاليه للمركبات تصبح الطرق غير امنه بالنسبه للمشاه وتصبح الحاجه ماسه لمثل هذا الارصفه في المناطق السكنيه وبالقرب من المدارس والمصانع والاسواق واي منطقه يوجد بها حركة مشاه كبيره ويتراوح عرض الطريق عادة (١.٥-٣) متر ويتوقف ذلك على عدة امور:

- توفر المساحه الكافيه على جانبي الطريق.
- وجود اشجار مزروعه على الارصفه.

وتستخدم الارصفه لفصل حركة مرور المركبات عن حركة المشاه وكما تستخدم ايضا كوسيله لوضع الاشارات الضوئيه والاشارات المروريه التي تساعد على تنظيم المرور.

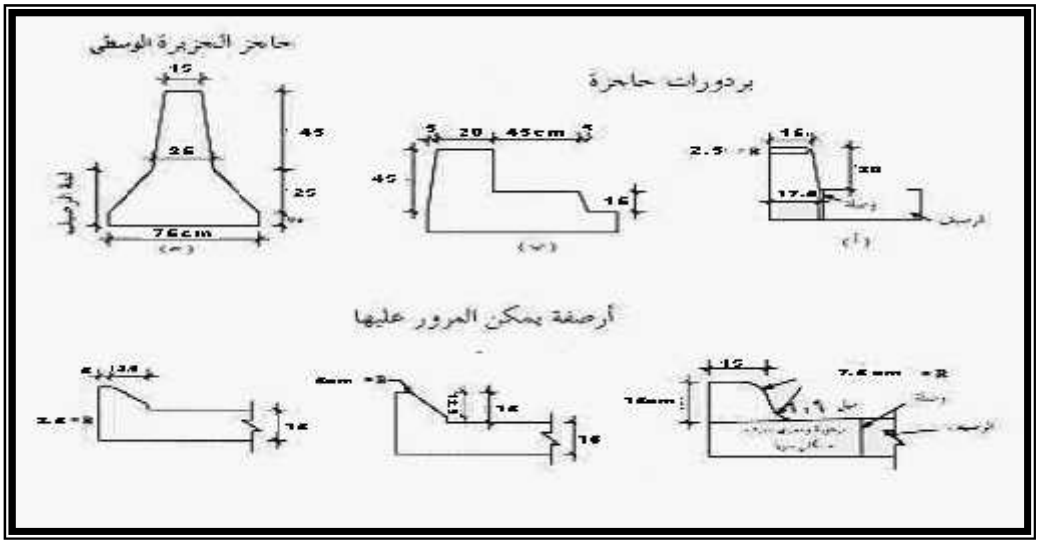
4-3-12 الاطاريف: يتأثر السائقون كثيراً بنوع الاطاريف ومواقعها. وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به وتستخدم الاطاريف في تنظيم صرف المياه. ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق.

تقوم الاطاريف غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الاطاريف بأنها بروز ظاهره أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيراً في الطرق المارة بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في

الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الاطاريف. وهناك نوعان رئيسيان من الاطاريف. كل منهما له عدة أشكال وتفصيلات تصميمية ومن أنواعها :-

أ- الاطاريف 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 لاستدارة 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.

ب- الاطاريف 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 الأكتاف 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.



الشكل (٤-٣) الأنواع المختلفة الاطاريف.

4-3-13 الجزر الفاصلة بين الإتجاهين (Medians):-

تستخدم لفصل حركة المرور المعاكسه وجميع الطرق الحديثه مزوده بالجزر الفاصله وخاصة اذا كانت من اربع مسارب ويجب ان يكون عرض الجزر كافيا من اجل الغرض الذي انشات، ويتراوح العرض عادة (١.٢٥-١.٨) متر.

4-3-14 الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية (Guardrail and Guide Posts):-

حيث تستخدم مثل هذه الحواجز والأعمدة في المناطق الخطرة التي يخشى فيها أن تخرج المركبات عن مسارها، وهذه المناطق غالبا ما تكون:

- جسور ذات انحدارات شديدة أو على منحنيات حادة.
- التغيير المفاجيء في عرض الكتف وفي حالة الاقتراب من المنشآت.
- الطرق الجبلية وخاصة من جهة الانحدار.

وتصمم الحواجز على اساس منع العربه من الخروج عن الطريق وفي حالة الاصطدام بها فانها تمتص الصدمه وتوجه المركبه الى اتجاه اخر، وهذه الحواجز مهمه جدا وخاصه في القياده الليليه.

4-3-15 الجدر الاستنادية:-

إن إنشاء الجدران الاستنادية على جوانب الطرق يكون بناءا على عوامل تحتم علينا إنشاؤها في تلك المناطق حيث انه إذا كان حرم الطريق ضيق و كانت التربة لا تستطيع الثبات على ميول شديدة الانحدار فإنه لا بد من استعمال الجدران الاستنادية لمنع التربة من الانهيار و بالتالي منعها من الخروج عن حدود الطريق،

ويكون هذا ضروري بشكل خاص في مناطق المدن حيث انه تكون الأراضي مرتفعة الثمن وكذلك يكون وجود الجدران الاستنادية مهم عندما يكون هناك نية للبناء على جوانب الشوارع أو عند احتمال وقوع انهيارات على جوانب الطريق، و يتطلب الأمر حماية الشوارع من المياه،ويتم إنشاء الجدران الاستنادية من الخرسانة المسلحة ، حيث يصمم أساس الجدار بعرض كاف يتناسب مع قوة التحمل للتربة المبني عليها و يعلو الأساس جدار بعرض كاف تمكنه من مقاومة قوة دفع التراب الذي يسنده ويكون إنشاءها باهض الثمن لذلك يجب إجراء دراسة للمنطقة المرد إنشاء جدار استنادي عليها و تحديد مدى أهمية وجود الجدار في تلك المنطقة.

الفصل الخامس

التخطيط الأفقي والرأسي للطريق

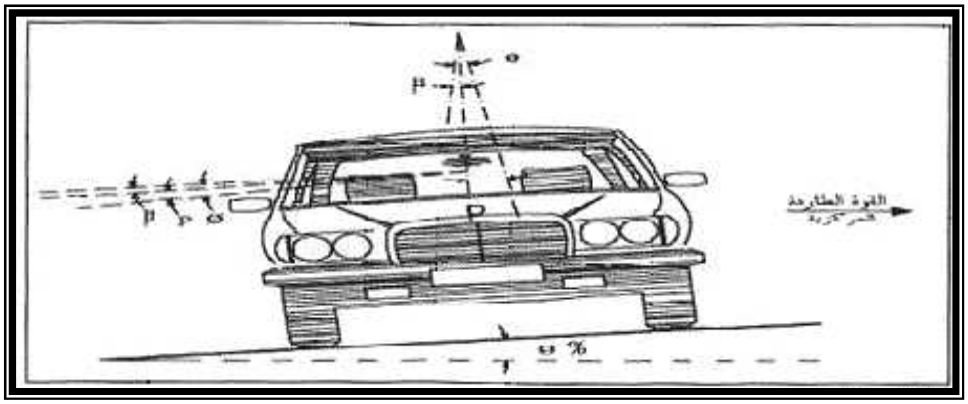
5-1 المقدمة:-

إن التخطيط الراسي والأفقي للطريق يعدان من أهم أسس التصميم الهندسي، حيث أن:- التخطيط الأفقي horizontal design يشمل تحديد أطوال المسارات والزوايا والنقاط للتقاطعات وتصميم المنحنيات الأفقية وأطوالها وبداياتها ونهاياتها.

والتخطيط الراسي vertical design يهدف إلى تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية وتحديد الانحدارات المختلفة والمنحنيات الراسية ومسافات الرؤية وكميات الحفر والردم.

5-2 القوة الطاردة المركزية:-

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر. ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي 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 وتدريجي إلى أن تدخل المنحنى الدائري الذي نصف قطره ثابت ومحدد فتثبت القوة الطاردة وتبقى 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(5-1) تأثير القوة الطاردة المركزية

$$p = \frac{m \quad v^{2}}{R} \qquad \text{.....(٥-١)}$$

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.

5-3 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:

$$e = \frac{v^{2}}{gR} \qquad \text{.....(2-5)}$$

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

$$e + f = \frac{V^{2}}{gR} \qquad \text{..... (3-5)}$$

5-4 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(٥-٢) يوضح قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر

الجدول(5-١) 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:-

$$w = \left[\left(\frac{nI^2}{2R}\right) + \left(\frac{V}{9.5\sqrt{R}}\right)\right] \quad \text{.....(4-5)}$$

حيث أن:-

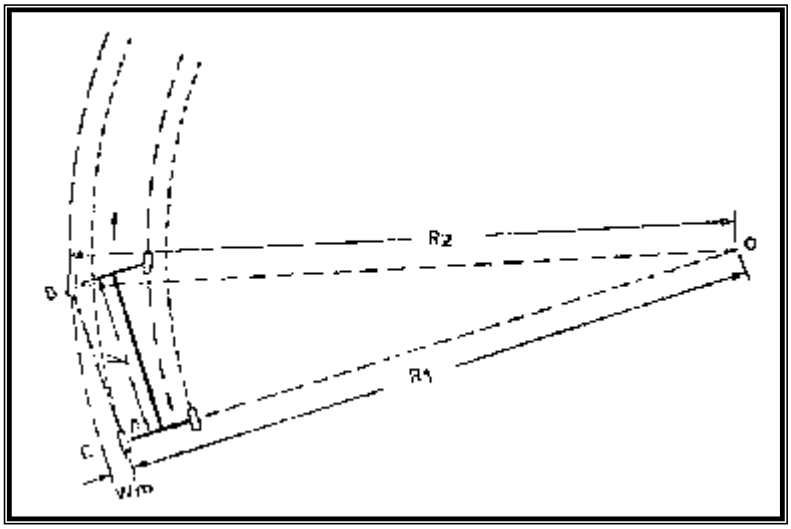
w : زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات في حالة الجار والمجرور.

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 (5-٢) يوضح شكل المركبة على المنحنى

١. التوسعة نتيجة العامل النفسي ومعادلته:-

$$w_{ps} = \frac{V^2}{9.5*\sqrt{r}} \quad \text{.....(0-5)}$$

حيث w_{ps} = توسعة الطريق نتيجة للعامل النفسي.

V= السرعة التصميمية.

We =Wm +Wps .....(6-5)

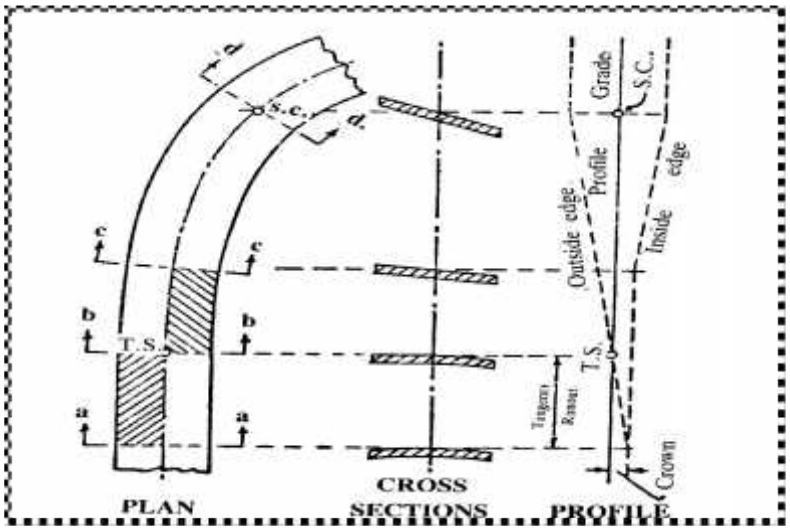
حيث We = التوسعة الكلية

5-4-1- الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق:-

حيث يتم بإحدى الطرق الثلاث التالية:-

الطريقة الأولى:-

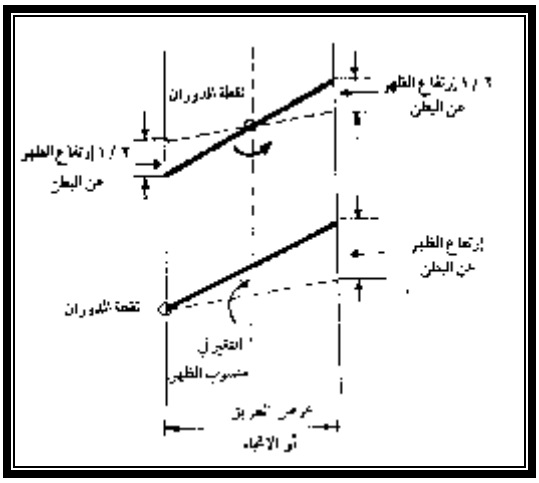
يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب،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



الشكل (5- ٣) 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.



شكل (5-٤) : دوران قطاع الرصف

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.

5-5 المنحنيات الأفقية:-

الهدف من استخدام المنحنيات هو **وصل الأجزاء** المستقيمة ببعضها بشكل تدريجي لتفادي التغيرات **المفاجئة في الاتجاهات التي تسبب الإزعاج** للسائقين، و هناك **أنواع متعددة** من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة **المقاطعة**.

أنواع المنحنيات:-

- المنحنيات الدائرية.
- المنحنيات المتدرجة.

5-5-1 المنحنيات الأفقية الدائرية:-

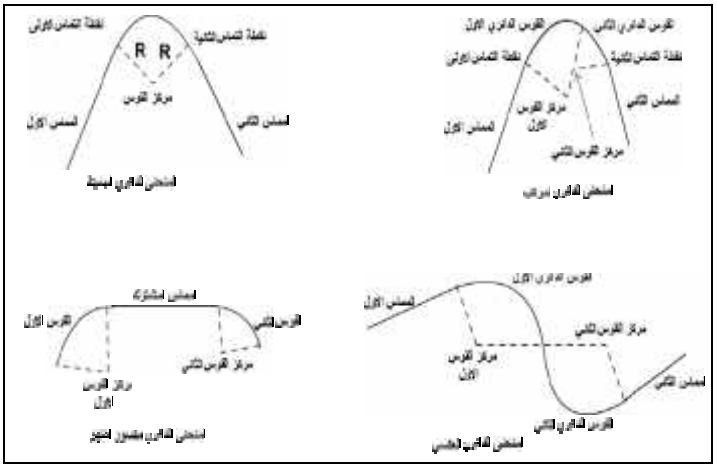
وتنقسم إلى أربعة أقسام رئيسية:

١- المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves.

٢- المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves.

٣- المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر Broken-Back Circular Curves.

٤- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves.

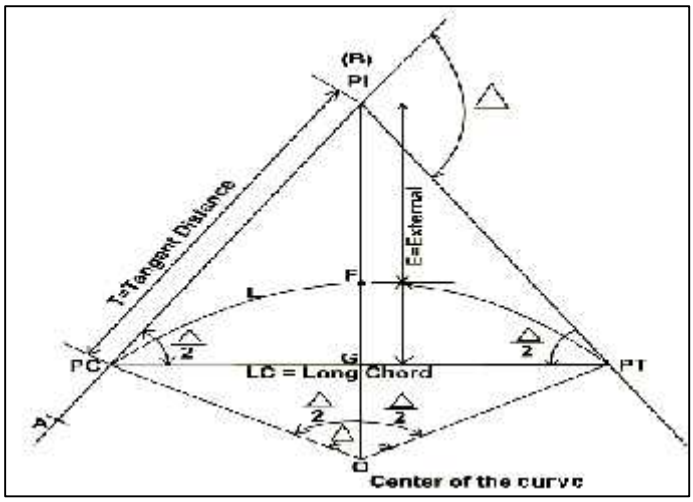


الشكل (5-5) أنواع المنحنيات الدائرية

١. المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves

- عناصر المنحنى الدائري البسيط:-

الشكل التالي يوضح منحنى دائري بسيط، حيث انه يتكون من العناصر التالية:-



الشكل (5-٦) عناصر المنحنى الدائري البسيط

- نقطة تقاطع المماسين (**PI**).
- زاوية الانحراف (**Δ**) Deflection Angle:

وتساوي الزاوية المركزية المنشأ عليها المنحنى الدائري.

- المماسين (**T**) The tow Tangent:

حيث يسمى المماس على الجانب الأيسر لنقطة التقاطع PI بالمماس الخلفي، والمماس على الجانب الأيمن بالمماس الأمامي.

- نقطة بداية المنحنى (**PC**) Point of Curvature.
- نقطة نهاية المنحنى (**PT**) Point of Tangency.
- الخط المستقيم الذي يصل بين نقطتي تماس و يطلق عليه الوتر الطويل (**LC**).
- نصف القطر (**R**) Radius.
- طول المنحنى (**L**).Length of curve.
- المسافة الخارجية(**E**),External Distance وهي عبارة عن المسافة بين (**PI**) وبين منتصف المنحنى الدائري.
- سهم القوس(**M**) Middle Ordinate، و هي المسافة بين نقطة منتصف المنحنى وبين نقطة منتصف الوتر الطويل.

- مركز المنحنى ونرمز له (**O**).
- الوتر الجزئي الأول ويرمز له (**C1**)، وهو طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الأولى بأول نقطة على المنحنى حيث يلجأ إلى إعطاء طول للوتر الجزء الأول بحيث تصبح محطة **القطة الأولى** من المنحنى رقم مدورا مناسبا يقبل **القسمة على** 20 **أو**25.
- الوتر الجزئي الأوسط يرمز له (**C**)، وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل بين أي نقطتين متتاليتين على المنحنى ما عدا الأولى والأخيرة، و يكون طوله في العادة رقما مدورا و مناسبا 10٢٠,,25 **مترا**.
- الوتر الجزئي النهائي (**C2**)، و هو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية بالنقطة التي تسبقها مباشرة، **وحيث** يكون طوله مكملا لطول المنحنى.
- زاوية الانحراف الجزئية الأولى (**d1**)، وهي عبارة عن الزاوية الوسطية المحصورة بين المماس الأول أو الخلفي و بين الوتر الجزئي الأول وتساوي نصف الزاوية المركزية.
- زاوية الانحراف الجزئية الوسطى(**d**)، وهي الزاوية الأفقية بين أي وتر جزئي أوسط و بين مماس **المنحنى الدائري**.
- زاوية الانحراف الجزئية النهائية (**d2**)، و هي الزاوية الأفقية المحصورة بين الوتر الجزئي النهائي و بين المماس للمنحنى الدائري في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي النهائي.

❖ معادلات المنحنى الدائري البسيط:

١- **طول المماس** (T)

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(٧-5)}$$

٢- المسافة الخارجية (E)

$$M = R(\sec\frac{\Delta}{2} - 1) \quad \text{.....(٨-5)}$$

٣- سهم القوس (M)

$$M = R(\sec\frac{\Delta}{2} - 1) \quad \text{.....(9-5)}$$

٤- الوتر الطويل(LC)

$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(10-5)}$$

٥- **طول المنحنى** (L)

$$L = \frac{® R\Delta}{180} \quad \text{.....(١١-5)}$$

٢. المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves

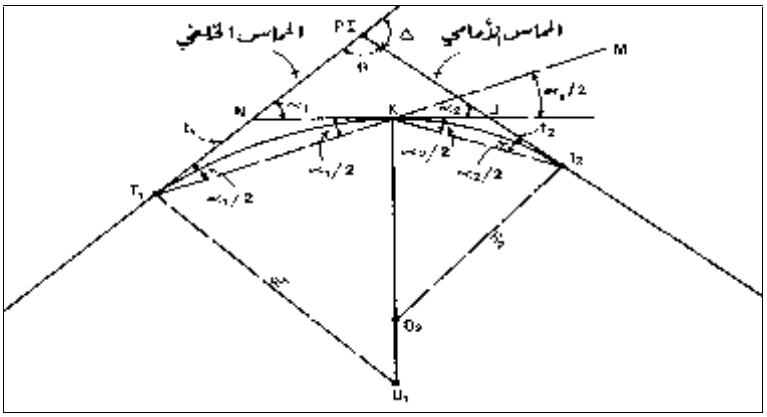
يتألف المنحنى المركب من منحنيين أفقيين (أو أكثر) متتابعين بحيث تكون نقطة التماس الثانية للمنحنى الأول هي نفسها نقطة التماس الأولى للمنحنى الثاني تحت الشروط التالية:-

١- أنصاف أقطار هذه المنحنيات الدائرية مختلفة.

٢- المنحنيات متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.

٣- جميع مراكز هذه المنحنيات الدائرية في جهة واحدة.

❖ عناصر المنحنى الدائري المركب:-



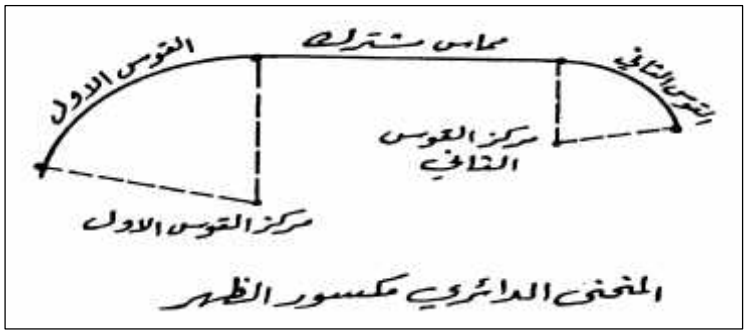
الشكل (5-٧) عناصر المنحنى الدائري المركب

- نقطة تماس المنحنى المركب مع المستقيم أو المماس الخلفي (Back Tangent) ويرمز لها بـ T_1،
- نقطة التقاء أو تماس المنحنيين الدائريين المشكلين للمنحنى المركب ويرمز لها بـ K.
- نقطة تماس المنحنى المركب مع المماس الأمامي ويرمز لها بـ T2.
- نقطة تقاطع المماس المشترك ويرمز لها بـ N
- نقطة تقاطع المماس المشترك مع المماس الأمامي ويرمز له بـ J.
- نقطة تقاطع المماس(الأمامي والخلفي) ويرمز لها بـ PI.
- مركز المنحنى الدائري الخلفي أو الأيسر ويرمز له بـ O_2.
- مركز المنحنى الدائري الأمامي أو الأيمن ويرمز له بـ O_2.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والأمامي ويرمز لها بـ Δ.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والمشترك ويرمز لها بـ α_1.
- زاوية انحراف المماسين المشترك والأمامي α_2.
- الطول المشارك مع المماس ويرمز له بـ (t_1) وهو يساويNK.

- الطول المشارك من المماس الأمامي مع المماس المشترك ويرمز له بـ (t_2) وهو يساوي JK.
- نصف قطر المنحنى الأول أو الأيسر ونرمز له بـ R_1.
- نصف قطر المنحنى الثاني أو الأيمن R_2.

٣- المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر Broken-Back Circular Curves

يطلق هذا الاسم على الجزء المكون من منحنيين دائريين مركزيهما في جهة واحدة ومتصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك واحد وقصير يقل طوله عن ثلاثين متراً،والشكل التالي يبين عناصر المنحنى المكسور الظهر.



الشكل (5-٨) المنحنى الدائري مكسور الظهر

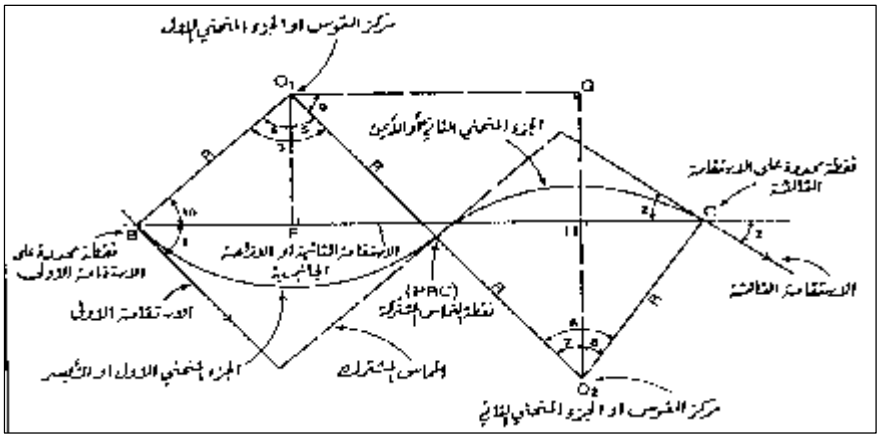
٤- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves

ويتألف من منحنيين دائريين باتجاهين متعاكسين يفصل بينهما مماس صغير تحت الشروط التالية:-

١- مراكز الانحناء ليست في جهة واحدة.

٢- أنصاف أقطار هذه الأقواس قد تكون متساوية أو مختلفة.

٣- الأقواس متماسة عند نقطة اتصالها ببعضها.



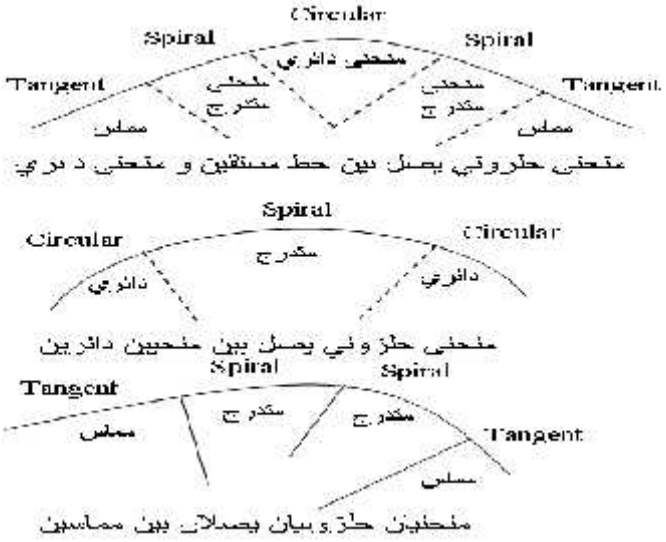
الشكل (5-٩) المنحنيات العكسية

٥- المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية Transitions Curves.

المنحنى المتدرج هو المنحنى الرياضي الذي يتغير فيه مقدار القطر بشكل مستمر وتدريجي على طول المنحنى، وفي العادة يبدأ بنصف قطر كبير لا متناهي وينتهي بنصف قطر محدود.

تستعمل المنحنيات المتدرجة في مشاريع الطرق والسكك الحديدية لوصل أجزاء الطريق ببعضها بشكل تدريجي وسهل يؤمن الراحة والسلامة ويمكن أن تتم عملية الوصل في الغالب وفق ما يلي:-

- منحنى متدرج يصل بين مستقيم وقوس دائري ذي نصف قطر معين.
- منحنى متدرج يصل بين مستقيم ومنحنى مركب.
- منحنى متدرج يصل بين منحنيين دائريين بسيطين.
- منحنى متدرج يصل بين منحنيين دائريين مركبين.



الشكل (5-١٠) المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية

ويوجد ثلاثة أنواع رئيسية من المنحنيات المتدرجة وهي:

١. القطع المكافئ المكعبي (cubic parabola)
٢. ليمنسكات برنولي أو المنحنى البيضوي (Lemniscate)
٣. الكلوتئيد (Clothoide)

١. القطع المكافئ المكعبي (cubic parabola):

أو القطع المكافئ من الدرجة الثالثة ومعادلته على الشكل التالي:-

$$y = x^3 / 6rl \quad \text{.....(12-5)}$$

حيث:- X,Y = ترمز إلى إحداثيات نقاط القطع المكافئ المكعب.

R= مقدار نصف القطر.

L=طول المنحنى المتدرج.

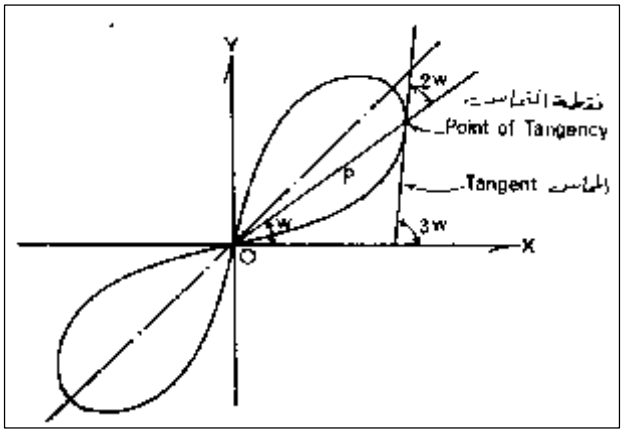
٢. ليمنسكات برنولي أو المنحنى البيضوي(Lemniscate):-

من صفات هذا المنحنى انه مغلق وله محور تناظر ونصف قطره يبلغ قيمته قصوى عند النقطة التي يكون فيها المحور القطبي مائلاً بمقدار 45° ، ويفضل استخدامه في الأراضي الوعرة وحيث يصعب تحديد النقاط باستخدام الإحداثيات العادية (x,y) ويغلب استخدامه في مشاريع الطرق ويستخدم أيضاً عندما يراد وصل أجزاء مستقيمة بمنحنيات دائرية أنصاف أقطارها صغيرة نسبياً ويكون معدل التغير في نصف القطر كبير.

$$pz = k^2 \sin 2\mu \quad \text{.....}$$

حيث ρ : هي نصف القطر الشعاعي القطبي.

ω :الزاوية القطبية المحصورة بين نصف القطر القطبي ومحور السينات.



شكل (5-١١) المنحنى البيضوي (برنولي)

٣. الكلوتوئيد (Clothoide) :-

ويطلق عليه أيضاً اسم حلزوني كوريز، حيث يحقق ميزات ديناميكية وهندسية مهمة في المنعطفات كما يستعمل بكثرة في مشاريع خطوط السكك الحديدية فهو يبدأ بنصف قطر يساوي اللانهاية وينتهي بنصف قطر اصغر هو في الغالب نصف قطر المنحنى الدائري والمراد وصله بالمستقيم.

ومعادلته:

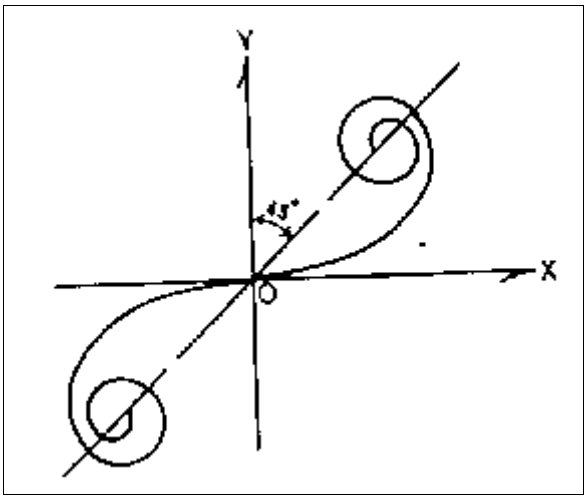
$$C = R.L \quad \text{.....} \quad (5\text{-}١٣)$$

حيث : C ثابت معين.

R= نصف القطر.

L= طول منحنى الكلوتوئيد.

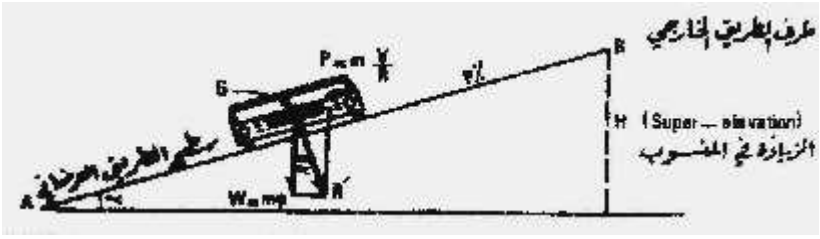
وينصح باستخدامه إذا كانت الزاوية القطبية كبيرة نسبياً.



الشكل (5-١٢) الكلوتوئيد

5-6 القوة الطاردة المركزية:-

عند دخول العربة إلى المنحنى فإنها تتعرض إلى قوة طاردة مركزية تؤثر بشكل يتعامد مع محور الدوران الذي هو في الواقع خط وهمي ورأسي مار بمركز المنحنى الدائري ، أي إن اتجاه هذه القوة سيكون أفقيا، حيث إن الانتقال من الجزء المستقيم إلى الجزء المنحني يكون فجائيا، أي أن تأثير القوة الطاردة المركزية سيكون فجائيا وقد يؤدي في بعض الأحيان إلى قلب العربة.



الشكل (5-١٣) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات

من الشكل السابق:-

- p : القوة الطاردة المركزية التي تؤثر على العربة أثناء سيرها.
- w : وزن العربة
- m: كتلة العربة
- v:سرعة العربة
- R : نصف قطر المنحنى الدائري.
- g: التسارع الأرضي

والعلاقة الرياضية التي تربط العناصر السابقة مع بعضها البعض هي كالتالي:-

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(١٤-5)}$$

يمكن كتابة العلاقات الرياضية التالية:-

$$\tan\sim = P_1 = \left(\frac{mv^2}{r} \right)/(mg) = \frac{v^2}{gr} \quad \text{.....(١٥-5)}$$

حيث أن:-

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه

P_1 : الميل العرضاني لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بالمنحنى المتدرج

α : الزاوية الراسية

لفرض أن $C = \frac{1}{g}$

تصبح المعادلة كالتالي:-

$$P = \frac{C.v^2}{R}$$
$$C = \frac{P.R}{v^2} \quad \text{.....(١٦-5)}$$

5-7 التعلية:-

التعلية هي عملية جعل الحافة الخارجية للطريق أعلى من الحافة الداخلية، وذلك من اجل تفادي القوة الطاردة المركزية.وقيمة هذا الميل العرضاني تتراوح من ٤% - ٧% وقد تصل إلى ٩% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله.

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات التالية:-

$$e + f = \frac{(0.75 \times v)^2}{127 \times R} \quad \text{.....(١٧-5)}$$

حيث أن:-

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

- v: هي سرعة المركبة ب كم/ساعة، و هنا ضربنا السرعة ب 0.75 بسبب أن الطريق مختلطا (تسير عليه جميع أنواع المركبات).
- f: هي معامل الاحتكاك الجانبي.
- e : أقصى معدل رفع جانبي بالمتر.

f: هي معامل الاحتكاك الجانبي، و أقصى قيمة يمكن قبولها هي 0.16، فإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max ، فإننا نقوم بتثبيت قيم e , f عند قيمهم القصوى، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، و نحسب السرعة حسب القانون التالي:-

$$V = \sqrt{[127R(e\max + f\max)]} \quad \text{.....(١٨-5)}$$

جدول (5-٢) قيم الرفع الجانبي المرغوبة و ذلك لعدة طرق مختلفة

درجة الطريق	أقصى قيمة رفع جانبي للطريق مرغوبة (متر/متر)	أقصى قيمة رفع جانبي مطلقة (متر /متر)
طريق سريع	0.08	0.09
طريق شرياني	0.08	0.09
طريق تجميعي	0.08	0.10
طريق محلي	0.10	0.10

والجدول (5-٣) يبين أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميميه ودرجة الرفع الجانبي للطريق **والاحتكاك الجانبي**

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

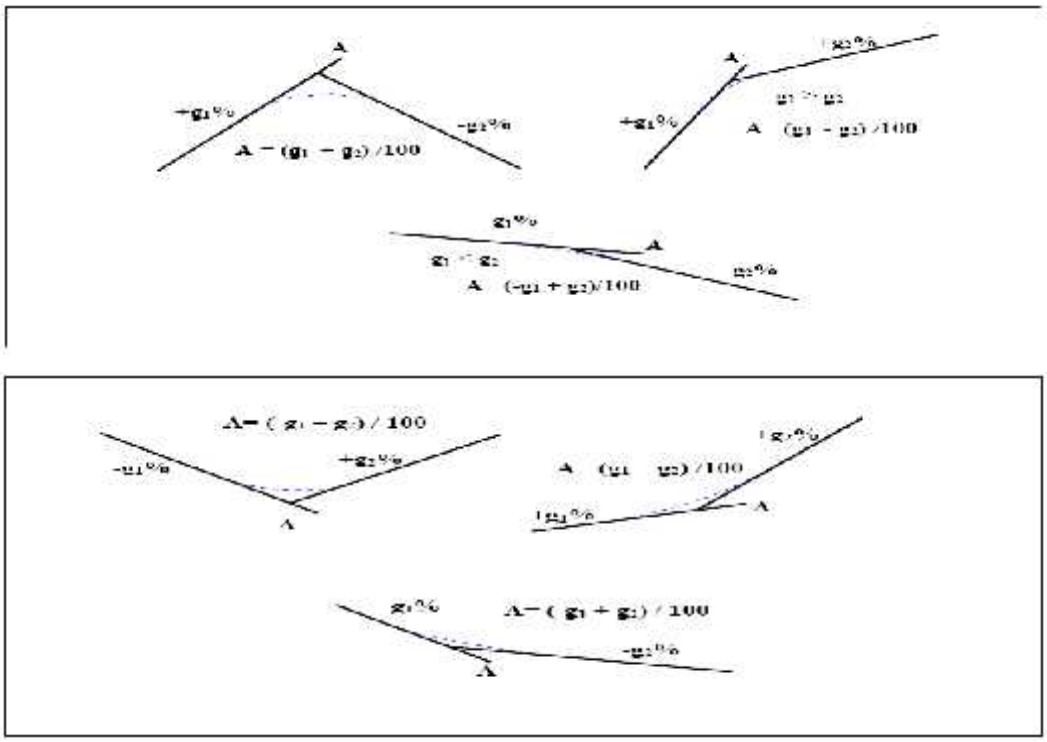
8-5 التخطيط الراسي للطريق:-

إن عملية الانتقال من اتجاه إلى اتجاه آخر في المستوى الرأسي تتم من خلال عمل منحنيات رأسية تسهل هذه العملية، حيث انه يجب أن تتوافر المواصفات التالية في هذه المنحنيات:

١. أن يكون الانتقال تدريجيا وسهلا
٢. تحقيق شروط الرؤية بحيث يستطيع السائق رؤية أي حاجز أمامه من مسافة كافية

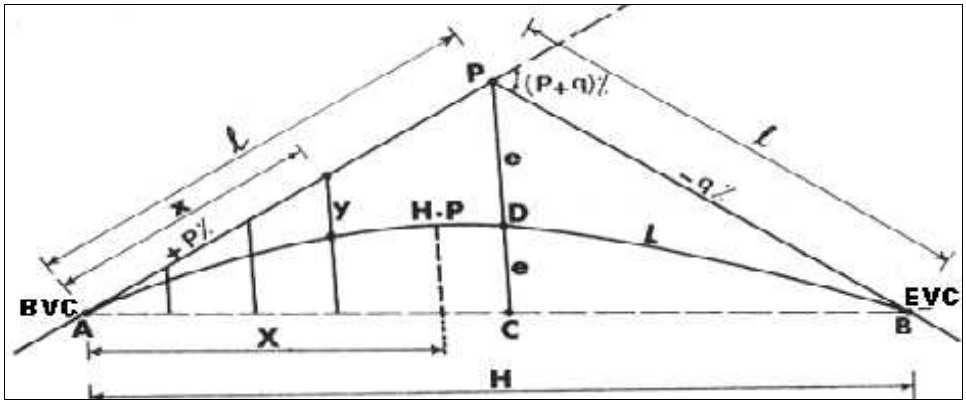
1-8-5 أنواع المنحنيات الرأسية :-

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (في المستوى الرأسي) حيث يتم ربط كل خطين متقاطعين بمنحنى رأسي مناسب، وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (منحنيات رأسية محدبة)، أو منحنيات استدارة سفلية (منحنيات رأسية مقعرة).



الشكل (5-١٤) فرق الميل أو زاوية الميل

2-8-5 عناصر المنحنى الرأسي:-



الشكل (5-١٥) عناصر المنحنى الرأسي

ومن الشكل السابق فان عناصر المنحنى الرأسي هي كالتالي:

- 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**

3-8-5 الميول الرأسية العظمى:-

إن العوامل التي تتحكم في تحديد الميل الرأسي للخطوط تظهر في النقاط التالية:

١- السرعة التصميمية (Design Speed).

٢- طبوغرافية الأرض التي يمر منا الطريق (Type Of Topography).

٣- طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

والجدول(5-٤) يبين قيمة الميول الراسية العظمى بالاعتماد على العوامل السابقة:

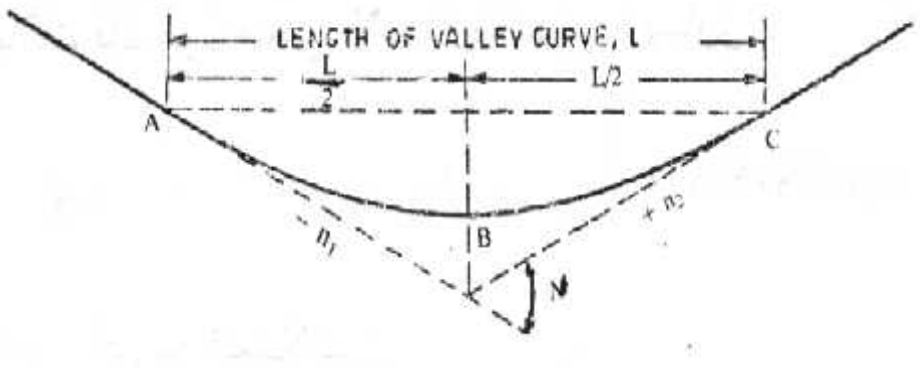
السرعة التصميمية Design Speed Kph	منبسطة Flat %	تلالي Hilly %	جبلية Mountainous %
50	6	٨	9
65	5	٧	8
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	6
110	3	4	5
120	3	4	-
130	3	4	-

5-8-4 طول المنحنى الرأسي:-

من العوامل الأساسية التي تحكم اختيار وتحديد طول الرأسي مكابلي:

أ- 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 ٠.٦م/ث^2، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (6-٥) فان طول منحنى الاستدارة السفلي ABC والذي يساوي L حيث AB ، BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقال .



شكل (5-١٦) منحنى رأسي قاعي

Ls = L/2

$\Rightarrow$ **L = 2*[N V^3/C]$^{0.5}$** ……..(19-5)

حيث أن:-

V: السرعة التصميميةم /ث

C : معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي ٠.٦م /ث^2

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 * V^2) / (g*L)] % < %17……..(20-5)

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

ب: 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 بلستمرار 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.

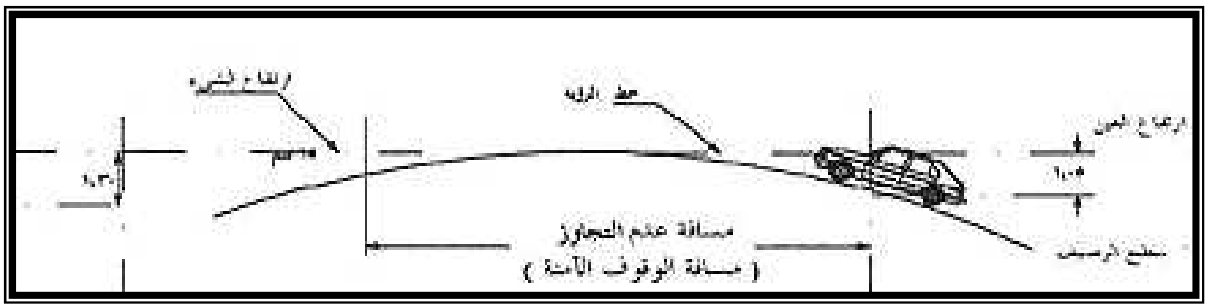
ج: مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance):-

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. ومن المفيد جدا أن تكون مسافة الرؤية للتوقف الآمن محققة عند كل نقطة من الطريق وبأطول ما يمكن ولا يجوز أن تقل بحال من الأحوال عن القيم التالية المتناسبة مع سرعة التصميم .

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

الجدول (5-5) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف

السرعة التصميمية (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 (5-١٧)يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن

وتستخدم هذه المعادلة لحساب مسافة الرؤية للتوقف الآمن:-

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254\,f} \quad \text{.....(21-5)}$$

V:سرعة العربة (كم/ساعة).

f: معامل الاحتكاك.

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية).

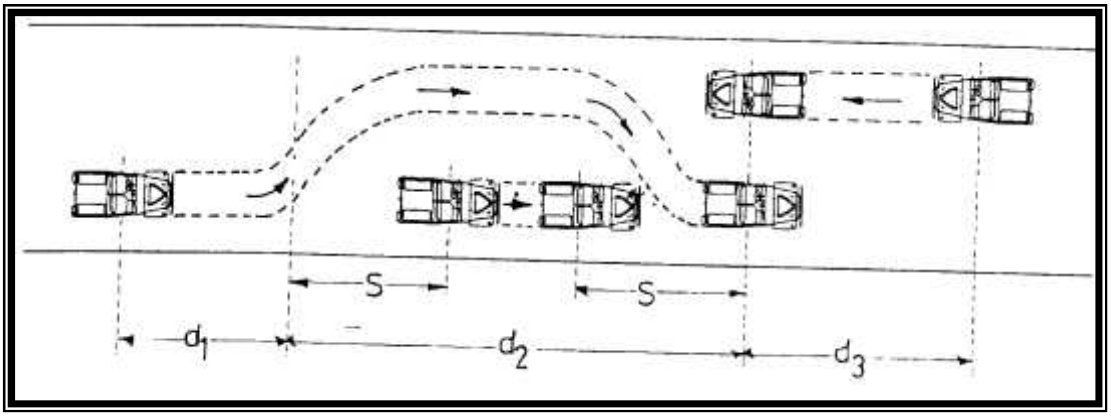
المعادلة (6-21) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالعدد (٢).

جدول(5-٦) العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك

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

د- مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance):-

في الطرق ذات الحارتين لتحقيق 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.



الشكل (5-١٨) مسافة الرؤية للتجاوز

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

$$OSD = d1 + d2 + d \quad \text{.....(22-5)}$$

$$OSD = 0.28Vb.t + .028VbT + 2S + 0.28V.T. \quad \text{.....(23-5)}$$

$$T = \sqrt{\frac{14.4S}{A}} \text{.....} \quad \text{.....(24-5)}$$

$$S = 0.7Vb + 6 \text{.....} \quad \text{.....(25-5)}$$

حيث:-

OSD: مسافة الرؤية للتجاوز.

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

d_1: المسافة التي تقطعها العربة في بداية الاستعداد للتخطية واحتلال الحارة الأخرى .

d_2: المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتخطية خلال فترة التخطية .

d_3: المسافة المقطوعة بالعربة القادمة من الاتجاه الآخر خلال فترة التخطية

V_b: 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^2).

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

$$Vb = (V - 16) \quad \text{.....(26-5)}$$

حيث v :السرعة التصميمية (كم /ساعة).

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

تصبح المعادلة (5-21)

$$S.D = 0.278vt + \frac{V^2}{254(f \pm N)} \text{..} \quad \text{.....(27-5)}$$

حيث: N هي المجموع الجبري لميل مماسي المنحنى الرأسي.

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

5- 9 التقاطعات على الطرق:

هي المنطقة التي يلتقي فيها طريقان أو أكثر على نفس المستوى أو على مستويات مختلفة وتشمل هذه المنطقة المساحة المخصصة للسيارات بالإضافة إلى المساحة المخصصة لحركة المشاة.

تشكل التقاطعات جزء هاما من الطريق لان فعالية الحركة والسلامة والسرعة وتكاليف التشغيل وسعة الطريق كلها تعتمد بشكل رئيسي على التقاطع، إذ ليس من المعقول تصميم طريق سريعة وعريضة مع وجود تقاطعات ضيقة.

أنواع التقاطعات:

١- هناك عدة أنواع من التقاطعات تكون إما على مستوى واحد كالتقاطع البسيط والجرسي والتقاطع ذو القنوات ومسارب تغير السرعة مثل مسارب التباطئ والتسارع والدوران.

٢- أو تكون تقاطعات على مستويين أو أكثر حيث تتقاطع الطرق على مستويات فوق بعضها البعض مع أو بدون رمبات تصل بين مستويين.

إن عملية التصميم تعتمد على طبيعة ونوع التقاطع فيما إذا كان تقاطعا بسيطا أو جرسياً أو ذا قنوات أو دوارا أو تقاطعا مفصولاً.وهناك عدة أنواع للتقاطعات نذكر منها:

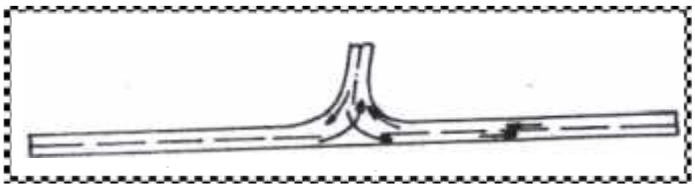
5-9-1التقاطع البسيط:

إن هذه الأنواع من التقاطعات تكون بسيطة ورخيصة التكاليف وغير معقدة، لاحتوائه على بعض الخطوط التي تحدد الطريق، وبعض الإشارات لتوضيح أولوية حركة السير.

ونظرا لأن هذا النوع من التقاطعات يستعمل في المناطق غير المزدحمة بالسير فإنه لا يتم في مثل هذا النوع من التقاطع فصل السير المتجه عن اليمين عن المتجه إلى اليسار عن المتجه للإمام.

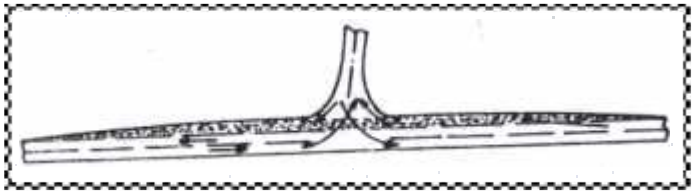
ومن أمثلة هذا التقاطع:

١- الشكل البسيط جدا والذي تبقى فيه المسارب بعرض ثابت سواء في الطريق الرئيسي أو الفرعي كما هو مبين في الشكل(٦-١٢)، وخطورة هذا النوع تكمن في إن السيارات ستضطر إلى تخفيف سرعتها كثيرا عند محاولة الدوران إلى اليمين أو اليسار وقد تتوقف كليا.



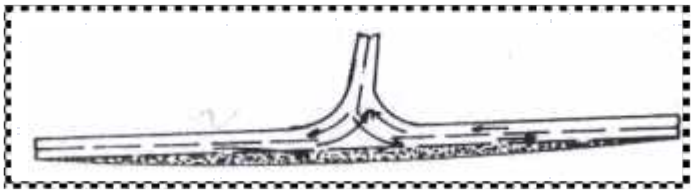
الشكل (5-١٩) تقاطع بسيط

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 (٦-١٣). 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.



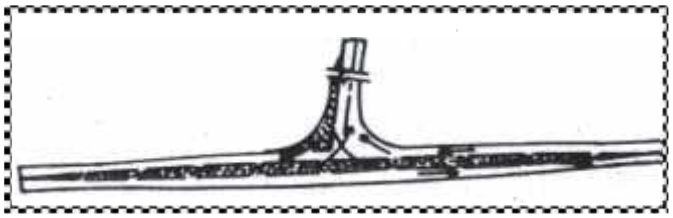
الشكل (5- ٢٠) تقاطع توسيط مع توسعه

٣- في هذا النوع من التقاطع يكون المسرب الإضافي من الجهة المقابلة كما في شكل(٨-٣)، وهذا عكس لما رأيناه في شكل (5-١٤) 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 .



الشكل (5-٢١)تقاطع مع مسرب اضافي

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 (5-١٥).



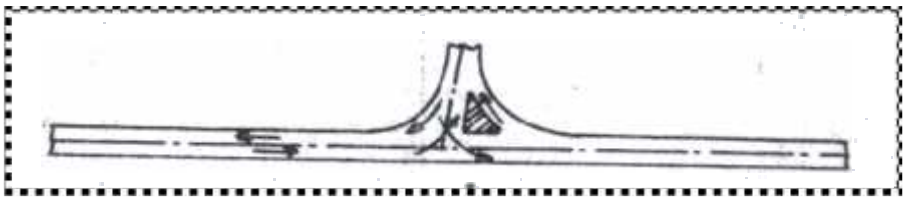
الشكل (5-٢٢)تقاطع مع مسرب وسطي

5-9-2 التقاطع الجرسي:

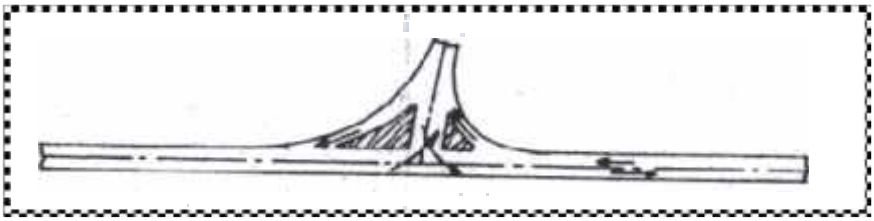
يتم في هذا التقاطع توسيع الطريق الفرعية عند تقاطعها مع الطريق الرئيسي ويشبه هذا التوسع شكل الجرس. إن هذا التوسيع ضروري لتنظيم حركة السير وفصل السير المتجه إلى اليمين عن المتجه إلى اليسار أو عن السير المتجه إلى الأمام، وبهذا التقاطع تقل الحوادث لزيادة سعته ويستوعب عددا أكبر من المركبات.

5-9-3 التقاطع ذو القنوات:

عند زيادة حجم المرور على التقاطع تقل قدرة السائقين على تنظيم حركة السير، لذلك لا بد من توسيع التقاطع وتقسمه إلى مسارب بحيث تستوعب عدد المركبات وتساعد في تنظيم حركة السير على التقاطع والإشكال التالية تبين بعض أنواع هذا التقاطع.



الشكل (5-٢٣) انعطاف دورة واحدة



الشكل (5-٢٤) انعطاف مزدوج

5-9-4 الدوار:

الدوار عبارة عن دائرة تتشعب منها عدة طرق ويكون في وسط الدائرة جزيرة، ويساعد هذا التقاطع في تنظيم حركة السير .

5-9-5 التقاطع ذو الإشارة الضوئية:

توضع الإشارات الضوئية على التقاطعات لتنظيم حركة السير ولإعطاء أولوية المرور للمركبات القادمة من عدة اتجاهات في ترتيب متوالي. وتوضع الإشارات غالبا عندما يكون حجم السير على الطريق كبيرا وعندما يكون تنظيم اتجاه السير على التقاطعات معقدا وتوضع أيضا عند زيادة عدد الحوادث على التقاطع .

5-9-6 الجزر الفاصلة بين اتجاهين:

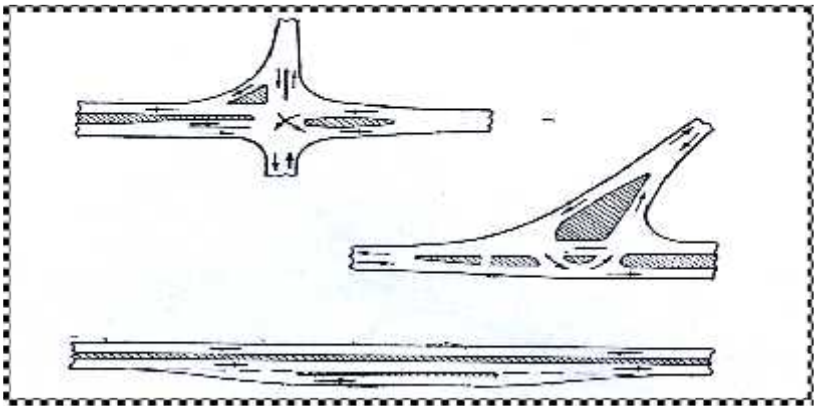
تستخدم الجزر الفاصلة لفصل حركة المرور المتعاكسة وجميع الطرق الحديثة مزودة بجزر فاصلة، خاصة إذا كانت تتألف من أربع حارات ويجب أن يكون عرض هذه الجزر كافي لتأدية الغرض الذي من اجله أنشأت وخاصة لتقليل تأثير الأضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا، هذا بالإضافة إلى حماية العربات المتعاكسة من التصادم ولامكان التحكم في المناطق المسموح الدوران فيها، ويتراوح عرض هذه الجزر بين (١٨-١.٢٥)متر وبالطبع لا يكون هذا العرض ثابت على طول الطريق فهو يتغير حسب الحالة.

5-9-7 الجزر على القطاعات:

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.

5-9-7-1 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 (٦-١٨) يبين أشكالا وتوزيعات متعددة للجزر.



الشكل (5-٢٥) أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات

الفصل السادس

المضلعات Traverse

1-6 القراءات:-

الجدول التالي يظهر القراءات التي تم رصدها في الميدان حيث تم رصد الزاوية الأفقية و المسافة الأفقية لكل محطة:

جدول (6-١) القراءات التي تم رصدها في الميدان لحساب إحداثيات المحطات

From	To	H. angle			H. Distance
١	٢	٠	٠	٠	
١	10	٣٣٤	٢٢	١٩	١٥١.١٨٥
10	1	٠	٠	٠	
10	١١	١٤١	٣٣	٠٠	٣٥٧.٧٦٨
١١	10	٠	٠	٠	
11	12	٣٤٦	٣٣	٤٨	٦١٠.٢٧١
12	11	٠	٠	٠	
12	13	97	25	١٠	٤٢٢.٥٦٤
13	12	٠	٠	٠	
13	14	٢١١	٤٠	٤٧	١٤٤.٧٥٣
14	13	٠	٠	٠	
14	100	١٢٣	٠٩	٣٨	٤٤٣.٨٦٦
100	14	٠	٠	٠	
100	200	٢١٨	٢٧	٠٩	٨٦٥.٤٨٨

6- ٢ حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح:-

يتم حساب الانحراف للخطوط بناءا على العلاقة التالية:-

$$\overline{1-2} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N}$$

Example :

$$\overline{1-2} = \tan^{-1}\frac{158318.86-158016.75}{110556.15-110084.18} = \tan^{-1}\frac{302.11}{471.97} = 32°37'24.53"$$

$$\overline{1-10} = 32°5237'24.53" + 334°22'19" = -360\,366°59'43.5" = 6°59'53.53"$$

بعد حساب الانحراف لكل خط يتم حساب الإحداثيات غير المصححة لكل نقطة بناءا على العلاقات التالية:-

Δ Easting = Horizontal Distance × sin (azimuth)

Δ Northing = Horizontal Distance × Cos (azimuth)

Easting = easting B + Δ easting

Northing =Northing B + Δ northing

Example for station 10 :

Δ Easting = $151.185 \times \sin(6°59'43.53'') = 18.4128$

Δ Northing = $151.185 \times \cos(6°59'43.53'') = 150.0595$

Easting = 158016.75 +18.4128 = 158035.159

Northing = 110084.18 + 150.0595= 110234.231

لقد تم حساب الإحداثيات غير المصححة عن طريق الحاسوب باستخدام برنامج لذلك والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات:-

جدول (6-٣) الإحداثيات غير المصححة للمحطات في الميدان

Station	Easting (m)	Northing (m)
10	١٥٨٠٣٥.١٥٩	١١٠٢٣٤.٢٣١
11	١٥٧٨٤٨.٤٥٧	١١٠٥٣٩.٤١٠
12	158279.194	110107.081
13	158614.540	110364.179
14	158758.552	110378.813

لقد تم تصحيح المضلع بناءا على إحداثيات معلومة و صحيحة تم أخذها من بلدية حلحول وهي احداثيات مصدقة من الطابو والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات :

جدول (6-٤) إحداثيات المعلومة (Trigs)

Point	Easting (m)	Northing (m)
١	158016.750	110084.180
٢	158318.860	110556.150
١٠٠	158962.480	110773.050
200	159793.950	111146.710

٦-٣ تصحيح الأخطاء للمضلع (Reduction of Error): -

الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة من نوع Total Station Leica (TC605) وقيم الأخطاء في هذا الجهاز هي كالتالي:

- الخطأ في الزاوية = angular error ٥"
- الخطأ في المسافة = distance error $\pm$3 mm + 3ppm

١-3-6 الأخطاء في المسافات Error in Angle:-

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(1-6)}$$

حيث أن:

$\pm_D$: الخطأ في المسافة المقاسة

$\pm_i$: الخطأ في ضبط الجهاز

$\pm_t$: الخطأ في وضعية العاكس

a, b : معاملات الجهاز

٢-٣-6 الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز (Instrument Centering Error):-

وهذا الخطأ يكون بالعادة ناتج عن الأسباب التالية:

- دقة الجهاز The Quality of Instrument
- دقة الحامل The Quality of Tripod
- ومهارة الراصد الذي يعمل على الجهاز The Skill of the Observer

٣-٣-6 أخطاء التوجيه (Target Centering):-

وهذه الأخطاء تكون ناجمة عن وضع العاكس بشكل غير قائم ويقدر هذا الخطأ بقيمة ٢ ملم

وهذه معاملات الجهاز والتي يتم الحصول عليها من الكتيب المرافق حيث أن: a, b

$$3mm \pm 3ppm = a, b$$

مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسه ما بين المحطة(1,10) تساوي 151.185م

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2}$$

$$\pm_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (151.185 \times 0.000003)^2} = 0.0041479m$$

والجدول التالي يشمل معدل المسافات المقروءة بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة:-

جدول (6-5) معدل المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافة

Line	Distance (m)	$\pm_D(m)$
١-١٠	151.185	٠.٠٠٤٢
١١-١٢	٦١٠.٢٧١	٠.٠٠٤٥
١٣-١٤	١٤٤.٧٥٣٠	٠.٠٠٤١
١٤-١٠٠	٤٤٣.٨٦٦٠	٠.٠٠٤٣
١٢-١٣	٤٢٢.٥٦٤	٠.٠٠٤٣
١٠-١١	٣٥٧.٧٦٨٠	٠.٠٠٤٢

6-٣-٤ الأخطاء في قياس الزوايا :-

إن الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة، لذلك فان الأخطاء في الزوايا يمكن جمعها ضمن خطا واحد ناتج عن ما يلي:

- أخطاء في التوجيه Pointing Errors
- أخطاء في القراءة Reading Errors

والخطأ الناتج عنهما من الممكن حسابه وفق العلاقة التالية:

$$\pm_{pr} = \frac{2\pm_{DIN}}{\sqrt{n}} \quad \text{.....(2-6)}$$

حيث أن:

$\pm_{pr}$: هو الخطأ الناتج عن التوجيه والقراءة.

$\pm_{DIN}$: الخطأ الناتج عن جهاز المحطة الشاملة.

n: عدد مرات التكرار

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي

$$\pm_{pr} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{6}} = \pm 4.1$$

6-٤ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات:-

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها :

6-4-1 Least Square Method .

6-4-2 Linear and Angular Misclosure Method .

لقد استخدمنا الطريقة الاولى في التصحيح و ذلك لانها ادق طريقة وتصحح كل احداثي حسب الخطأ الموجود فيه وكذلك تعطي معلومات عن مدى الدقة في المضلع .

هناك عدة انواع من المضلعات وقد تم استخدام المضع المتصل (Link Traverse) حيث انه انسب هذة الانواع بالنسبة للمشروع .

٦-٤-١ :Least Square Method

المعادلة الرئيسية $X = (A^T A)^{-1} A^T L$

حيث أن:

Unknown matrix : X

Jacobean matrix :A

Observation matrix :L

Variance matrix : V

والصيغ التالية عبارة عن المصفوفات العامة لهذه الطريقة وقد تم تحديد صيغ المشتقات و الرتب للمصفوفات بناءا على القراءات التي تم رصدها في الميدان و المجاهيل المراد حسابها (احداثيات المحطات):

The Jacobean Matrix A:

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial dx_{10}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{10}} & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{11}} & \cdots\cdots\cdots & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{14}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{14}} \\ \frac{\partial F_2}{\partial dx_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{10}} & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{11}} & \cdots\cdots\cdots & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{14}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{14}} \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{10}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{10}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{11}}) & \cdots\cdots\cdots & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dx_{13}}) & (\frac{\partial F_{12}}{\partial dy_{14}}) \\ (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{10}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{10}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{11}}) & \cdots\cdots\cdots & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dx_{13}}) & (\frac{\partial F_{13}}{\partial dy_{14}}) \end{bmatrix}_{13*10}$$

Distance observation reduction:-

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad \text{.....(3-6)}$$

Linearization:

Taking the derivatives of last equation:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{x_i - x_j}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{y_{i-} y_j}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial x_j} = \frac{x_j - x_i}{IJ}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_j} = \frac{y_j - y_i}{IJ}$$

Angle observation reduction:-

$$^{-} = Az_{IF} - Az_{IB}$$

$$- = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{.....(4-6)}$$

Taking the derivatives of the last equation:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{yi - y_b}{IB^2} - \frac{yi - y_f}{IF^2}$$

$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{x_b - x_i}{IB^2} - \frac{x_f - x_i}{IF^2}$$

The Observation Matrix L:

$$L=\begin{bmatrix} F_{10}-F_{10a} \\ F_{11}-F_{11a} \\ F_{12}-F_{12a} \\ F_{13}-F_{13a} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{-6}-F_{-6a} \end{bmatrix}_{13*1}$$

The Unknowns Matrix X:

$$X=\begin{bmatrix} dx_{10} \\ dy_{10} \\ dx_{11} \\ dy_{11} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ dx_{14} \\ dy_{14} \end{bmatrix}_{10*1}$$

The Variance Matrix V:

$$V=\begin{bmatrix} V_{10} \\ V_{11} \\ V_{12} \\ \vdots \\ \\ \\ \\ \\ V_{13} \\ V_{14} \end{bmatrix}_{13*1}$$

لقد تم استخدام الإحداثيات غير المصححة كقيم ابتدائية في عملية الحل (X_0 ، Y_0) :

$$X = X_0 + dx$$
$$Y = Y_0 + dy$$

وبعد إجراء العمليات الحسابية حسب العلاقة الرئيسية باستخدام برنامج ال (AutoDesk) تم الحصول على الإحداثيات المصححة التي تظهر في الجدول التالي :

جدول (6-٦) الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان

Station	Easting (m)	Northing (m)	StdDevEst	StdDevNth
10	158035.1594	110234.2311	0.096	0.231
11	157848.4575	110539.4097	0.270	0.367
12	158279.1945	110107.0811	0.288	0.277
13	158614.5402	110364.1788	0.249	0.246
14	158758.5517	110378.8133	0.201	0.232

الانحراف المعياري:

$$S_0 = \sqrt{\frac{V^T \times V}{m - n}} \qquad Where\ m: Number\ of\ Observations,\ n: Number\ of\ unknowns$$

So= ±0.00051

Relative error ellipse

في هذا النوع من التصحيح يلزم الأمور التالية:

- إحداثيات النقاط التي تصل الخط ، فمثلا إذا كان لدينا الخط الذي يصل بين النقطتين ٦ و ٧ نحتاج الى احداثياته:

(E_{12},N_{12}) , (E_{13}, N_{13})

حيث أن طريقة التعامل كانت E=X و N=Y

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta y = y_2 - y_1 \quad \text{.....(6-٥)}$$

- كذلك يجب أن تتوفر لدينا covariance matrix (Qxx) .

طريقة الحل باستخدام relative error ellipse حيث أن الخطأ في النقاط يكون على شكل ellipse وبذلك نعتمد على glopov والمعادلات التالية تبين طريقة الحل:

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = F \sum_{xx} F^{T}. \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(6-6)}$$

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = \begin{bmatrix} s^{2}_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^{2}_{\Delta y} \end{bmatrix} \ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(7-6)}$$

$$\begin{aligned} \Delta_{x} &= x_{2} - x_{1} \\ \Delta_{y} &= y_{2} - y_{1} \ldots \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(8-6)}$$

$$\begin{bmatrix} s^{2}_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^{2}_{\Delta y} \end{bmatrix} = So^{2} \begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \times Q_{xx} \times \begin{bmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

$$\tan(2t) = \frac{2q_{\Delta x \Delta y}}{q_{\Delta y} - q_{\Delta x}} \ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(9-6)}$$

$$\begin{aligned} q_{\Delta u} &= q_{\Delta x} \sin^{2}(t) + 2q_{\Delta x \Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \cos^{2}(t) \\ q_{\Delta v} &= q_{\Delta x} \cos^{2}(t) - 2q_{\Delta x \Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \sin^{2}(t). \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots \text{(10-6)}$$

$$\begin{aligned} S_{u} &= S_{\circ} \sqrt{q_{\Delta u}} \\ S_{v} &= S_{\circ} \sqrt{q_{\Delta v}} \ldots \end{aligned} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(11-6)}$$

$$relative\,accuracy = \frac{S_{u(\max)}}{D_{i}} \ldots \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(12-6)}$$

حيث ان:

Di : هي طول الخط الذي توجد عنده Su(max)

6-0 النتائج :-

بعد إدخال القراءات التي تم رصدها إلى برنامج (AutoDesk) ظهرت النتائج التالية :-

Angular error	**0-01-12**
Angular error/se	**0-00-10 Over**
Error North	**0.0937**
Error East	**-0.1324**
Absolute error	**0.1622**
Error Direction	**N 54-42-06 W**
Perimeter	**2130.4070**
Precision	**1 in 13137.1659**
Number of sides	**6**

Semi-Axes are at 95% Confidence Level

جدول (٦-٧)Semi-Axes

Point#	Semi-Major Axis	Semi-Minor Axis	Axis Azimuth
١٠	٠.٢٣٣٥٦٥	٠.٠٩٠٤٧٤	٣٨-٤٤-٨
١١	٠.٣٨٩٣٠١	٠.٢٣٦٩٩٢	٤٠-٣٩-٢٤
١٢	٠.٣١٩٥٢٤	٠.٢٣٩٨٣١	٤٩-٠٠-١٣١
١٣	٠.٢٥١٨٨٠	٠.٢٤٣٣٣٣	٣٤-٥٦-٥٥
١٤	٠.٢٤٠٨٤٩	٠.١٩٠٣٣٠	٤٩-٢٨-٢٥

والجدول التالي يشمل طول الخطوط والزوايا ومقدار الدقة في كل خط وزاوية وتصحيحها :

جدول (٦-٨) طول الخطوط التي تربط كل محطتين والزوايا المحصورة بينها.

Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
DIST	١	١٠		١٥١.١٨٥٠	٠.٠٠٥	١٥١.١٧٦٢	-٠.٠٠٨٨
ANG	٢	١	١٠	334-22-19.20	٣.٠٠٠	334-22-15.78	-3.42
DIST	١١	١٢		٦١٠.٢٧١٠	٠.٠٠٦	٦١٠.٢٨٠٦	٠.٠٠٩٦
ANG	١٠	١١	١٢	346-33-48.00	٢.١٠٠	346-33-47.14	-0.86
DIST	١٣	١٤		١٤٤.٧٥٣٠	٠.٠٠٥	١٤٤.٧٥٣٢	٠.٠٠٠٢
ANG	١٢	١٣	١٤	211-40-47.00	٣.٩٠٠	211-40-25.10	-21.90
ANG	١٤	١٠٠	٢٠٠	218-27-09.00	٢.٢٠٠	218-26-58.80	-10.20
DIST	14	100		443.8660	0.005	443.8573	-0.0087
ANG	13	14	100	123-09-38.00	3.800	123-09-13.69	-24.31
DIST	12	13		422.5640	0.005	422.5589	-0.0051
ANG	11	12	13	97-25-10.00	2.300	97-25-05.64	-4.36
DIST	10	11		357.7680	0.005	357.7591	-0.0089
ANG	1	10	11	141-33-00.00	4.000	141-32-52.92	-7.08

الفصل السابع

حساب المساحات والحجوم

1-7 المساحات:

إن حساب المساحات سواء كانت في المستوى الأفقي أو في المستوى الراسي يعد من أهم الأعمال المساحية في هندسة الطرق، وذلك من اجل حساب الكميات للحفر والردم بين مقطعين بالأول ومن ثم حساب كميات الحفر والردم لكل المشروع.

هناك مجموعة من الطرق التي يتم من خلالها حساب مساحة المقاطع العرضية منها :

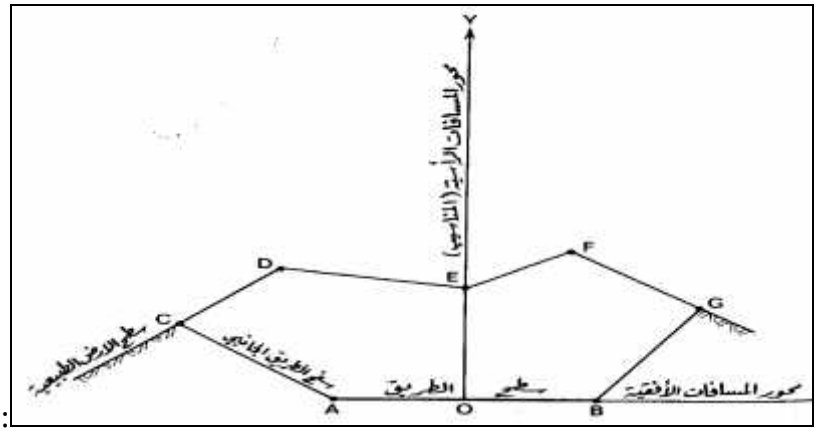
١- طريقة الإحداثيات.

٢- طريقة تقسيم المقطع إلى أشكال هندسية منتظمة.

1-1-7 طريقة الإحداثيات:

وهي الطريقة التي تم استخدامها 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.

لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل التالي



:

الشكل (7-١) مقطع عرضي

يتم اختيار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة O حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات يمثل مناسيب النقاط (أي أعماق الحفر و الردم) و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط C,D,E,F,G و بمعرفة عرض الطريق AB الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع 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 (7-1): 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 يتم ضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متصل، وتجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب مساويا $\sum 1$ ، وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل سهم ونجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب مساويا $\sum 2$.

❖ **لحساب المساحة** نطبق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{\left|\sum 1 - \sum 2\right|}{2} \quad \text{.....7.1}$$

❖ **ملاحظات:**

- 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.

2-7 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.

1-2-7 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي:

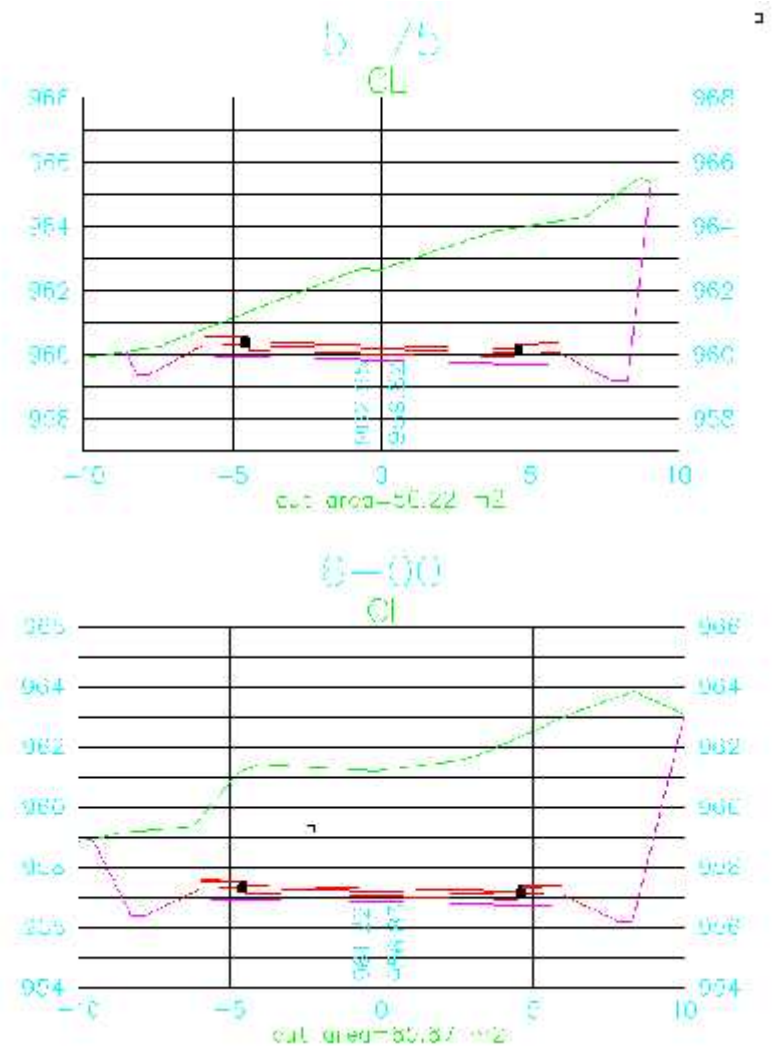
هذه الطريقة تتطلب أن يكون ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين متتاليين، ولذلك قمنا بأخذ مقاطع عرضية عند كل تغير رأسي في سطح الأرض المكونة للطريق، مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات الأفقية في الطريق، في هذه الطريقة يتم اخذ معدل مساحتي هذين المقطعين وتضرب في المسافة بين كل مقطعين.

❖ **الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين المتتاليين:**

1-1-2-7 المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل أو ردم كامل:

إن 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:

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \text{..... ..... .7.2}$$



الشكل (7-٢): المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل

- المسافة بين المقطعين = ٢٥ مترا
- مساحة الحفر في المقطع الأول (Station 5+75) 50.22 m²=(A1)
- مساحة الحفر في المقطع الثاني (Station 6+00) ٨٥.٨٧ m^2 = (A2)

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

$$V = 25\left(\frac{50.22 + 85.87}{2}\right)$$

$$V = ١٧٠١.١٢٥ m^3$$

2-1-2-7 المقطع الأول حفر والأخر مختلط (أو العكس):

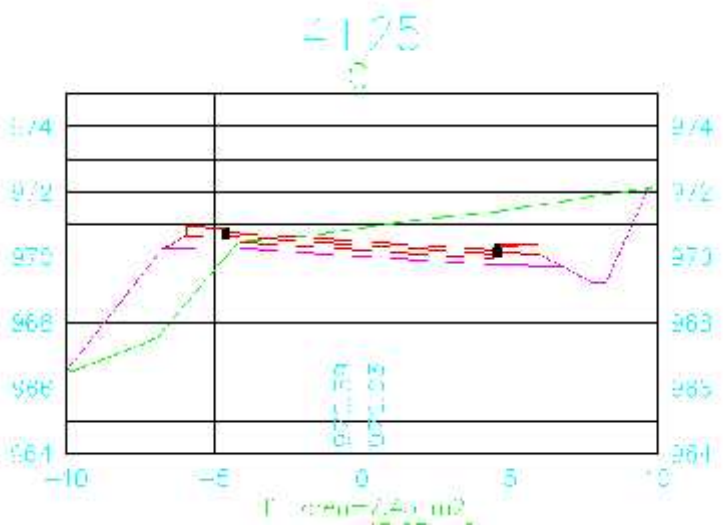
فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

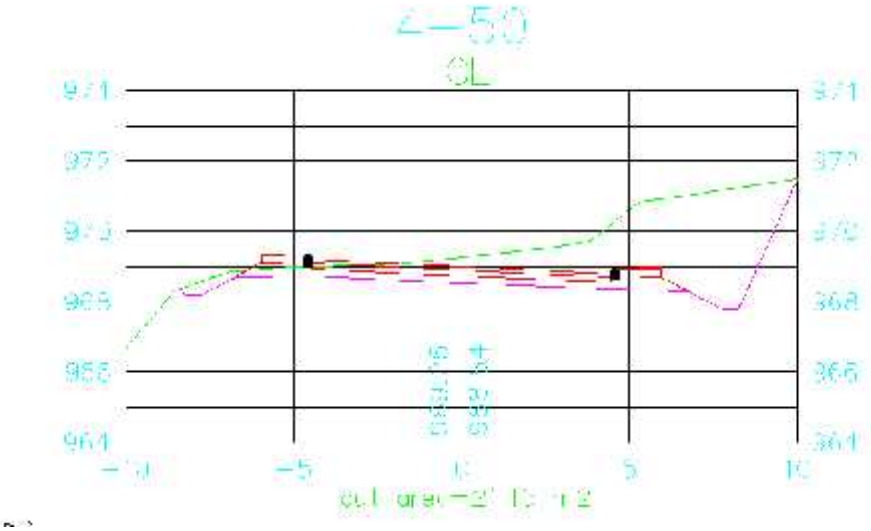
❖ الردم حسب القانون التالي: $V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D)$.....7.3

❖ أما الحفر فعلى القانون التالي: $V_{cutl} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D)$.....74

حيث:

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





الشكل (3-7): المقطع الأول مختلط والآخر حفر

- مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 4+25) (F_{i+1}) = ٧.٤٥ m^2.
- مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 4+25) (C_{i+1}) = 17.53m^2
- مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي (Station 4+50) (C_i) = 21.15m^2
- المسافة بين المقطعين (D) = 25

❖ حجم الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(7.45)\times(25)$$

$$V_{fill} = 62.083m^3$$

❖ أما الحفر:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(21.15+17.53)\times(25)$$

$$V_{cutl} = 483.50m^3$$

3-1-2-7 المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

❖ الحفر حسب القانون التالي:

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(C_i)\times(D) \quad \text{.....7.5}$$

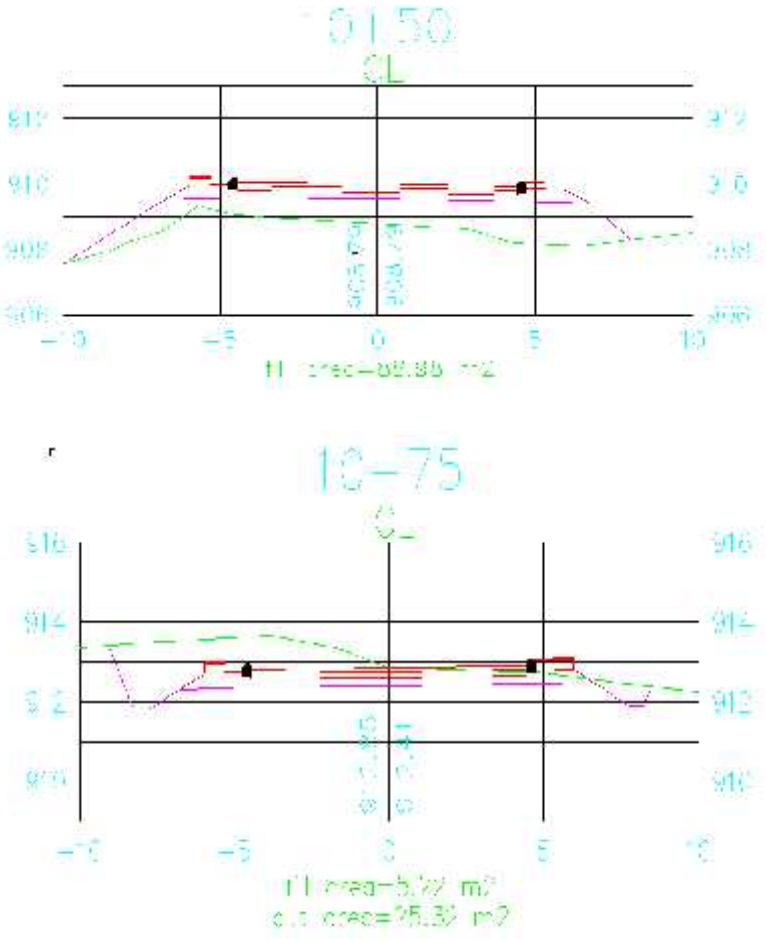
❖ أما الردم فعلى القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1})\times(D) \quad \text{.....7.6}$$

حيث:

- (F_i) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.
- (C_i) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.

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



الشكل (٧-٤): المقطع الأول مختلط والثاني ردم

- مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 10+75) (F_i) = 5.22 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 10+75) (C_i) = 25.32m^2
- مساحة الردم في مقطع الردم الكامل(Station 10+50) (F_{i+1}) = 88.98m^2
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 25 m

❖ الحفر: $V_{cut} = \frac{1}{3}(25.32)\times(25) = 211m^3$

❖ أما الردم : $V_{fill} = \frac{1}{2}(5.22 + 88.98)\times(25) = 1177.5m^3$

4-1-2-7 المقطعان مختلطان:

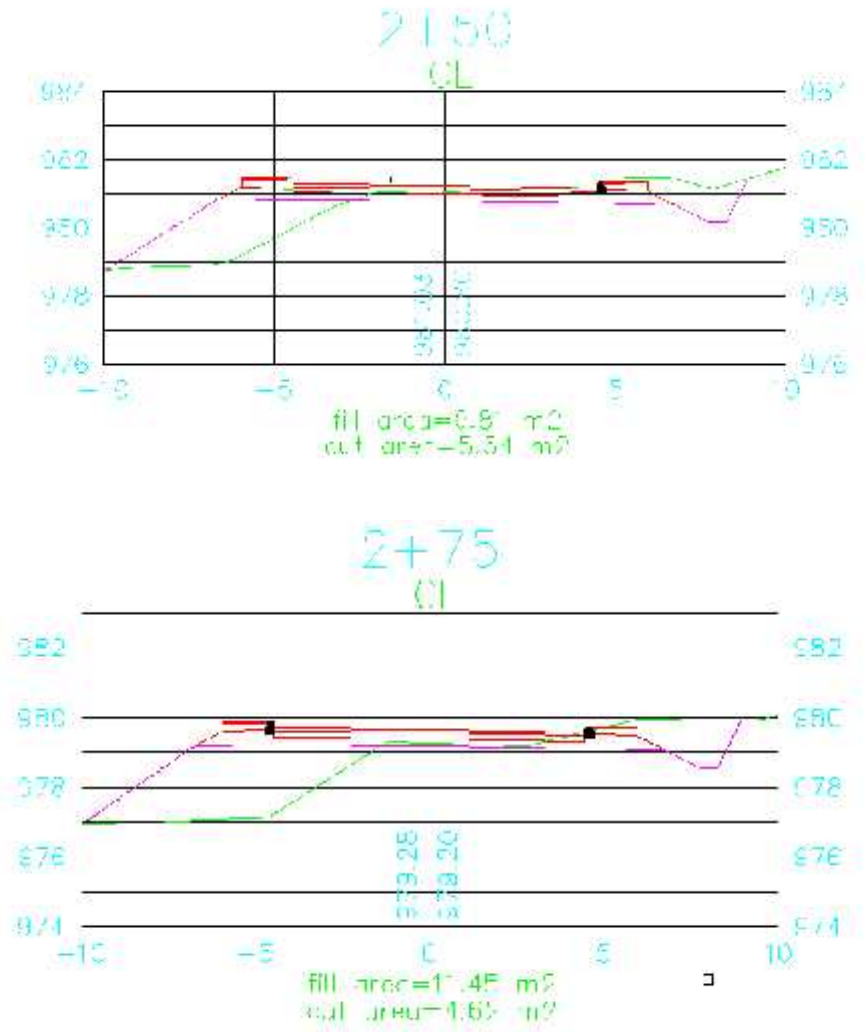
فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

❖ الحفر حسب القانون التالي: $V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D)$.....7.7

❖ أما الردم فعلى القانون التالي: $V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D)$.....7.8

حيث:

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



الشكل (7-5): المقطعان مختلطان

- مساحة الردم في المقطع المختلط الأول (Station 2+50) (F_i) = 6.81 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول (Station 2+50) (C_i) = 5.54m^2
- مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني (Station 2+75) (F_{i+1}) = 11.45 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الثاني (Station 2+75) (C_{i+1}) = 4.62m^2

(D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 25 m

وعليه فأن

❖ الحفر يساوي $V_{cut} = \frac{1}{2}(5.54 + (4.62)) \times (25) = 127m^3$

❖ أما الردم فيساوي: $V_{fill} = \frac{1}{2}(6.81 + 11.45) \times (25) = 228.25m^3$

❖ وبنفس الطريقة تم إيجاد باقي المساحات والحجوم كما في الجدول التالي:

الجدول (٧-٢) كميات الحفر والردم للشارع

Station	cut area (m2)	fill area (m2)
0+25	8.23	2.25
0+50	15.52	0.22
0+75	12.06	0.00
1+00	6.47	3.61
1+25	6.57	9.63
1+50	12.76	1.75
1+75	20.98	3.26
2+00	22.31	1.28
2+25	21.79	0.00
2+50	5.54	6.81
2+75	4.62	11.45
3+00	2.64	13.48
3+25	4.44	11.40
3+50	4.62	25.95
3+75	7.84	10.65
4+00	11.19	15.56
4+25	17.53	7.45
4+50	21.15	0.00
4+75	35.91	0.54
5+00	22.75	1.24
5+25	28.11	0.00
5+50	26.46	0.16

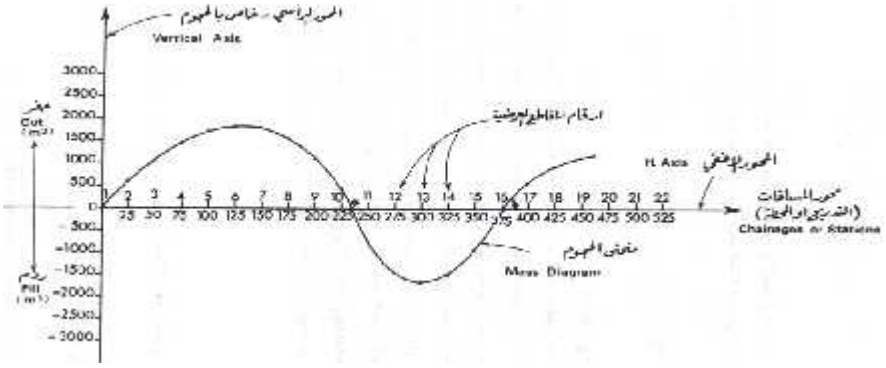
5+75	50.22	0.00
6+00	85.87	0.00
6+25	105.67	0.00
6+50	110.25	0.00
6+75	182.71	0.00
7+00	177.75	0.00
7+25	143.70	0.00
7+50	129.77	0.00
7+75	109.32	0.00
8+00	71.96	0.00
8+25	88.03	119.84
8+50	0.00	72.53
8+75	0.00	84.19
9+00	0.00	65.24
9+25	100.56	142.87
9+50	0.00	75.93
9+75	100.22	126.80
10+00	0.00	125.83
10+25	0.00	112.35
10+50	0.00	88.98
10+75	25.32	5.22
11+00	20.92	0.00
11+25	3.54	21.37
11+50	0.00	75.91
11+75	0.00	5.28
12+00	5.67	2.35
12+25	22.58	3.12

7-1-2-5 التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم:

منحنى الحجوم هو عبارة عن تمثيل بياني لكميات الحفر والردم اللازمة لمشروع ما، لعمل هذا المنحنى نرسم خطا أفقيا مستقيما (محور السينات)، ونحدد عليه بمقياس مناسب مواقع المقاطع العرضية المتتالية والمتباعدة عن بعضها بمسافات معلومة مبتدئين بالمقطع الخاص بنقطة بداية المشروع، **عند كل نقطة ممثلة** لموقع مقطع عرضي معين نقيم عمودا وفق مقياس معين، يمثل المجموع الجبري لكميات الحفر والردم حتى ذلك المقطع، وذلك على أساس اعتبار أن الحفر موجبا والردم سالبا، (m يساوي (m^3 1475+))، وبما إنه موجب فهذا يعني أن كميات الحفر تفوق كميات الردم بنفس هذا المقدار ولغاية هذا المقطع .

ومن الشكل التالي نلاحظ أن كميات الحفر تتعادل مع كميات الردم عند النقطتين (a and b)، اللتين تبعدان عن نقطة بداية المشروع (235 and 378 m) **على التوالي، كما نلاحظ من الشكل، أن المجموع الجبري**

لكميات الحفر والردم من نقطة بداية المشروع حتى المقطع رقم 15 ذي التدرج (Chainage 350 m) يساوي (-925m^3)، وبما أنه سالب فهذا يدل على أن كميات الردم تفوق كميات الحفر بنفس هذا المقدار.



الشكل (٧-٦) التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم

6-1-2-7 خواص منحنى الحجوم:

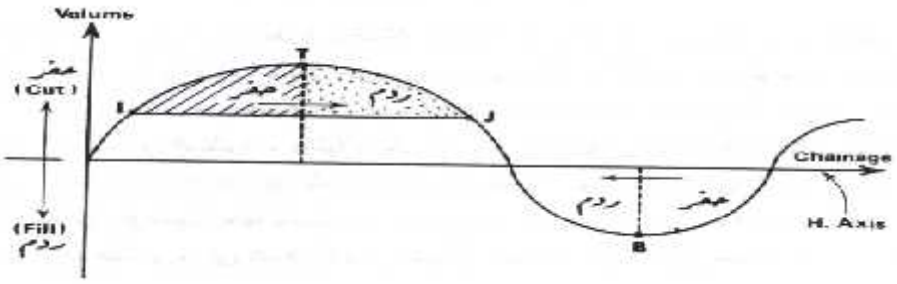
١- الميل الموجب للمنحنى يدل على تزايد كميات الحفر أو التناقص في كميات الردم، والميل السالب يدل على تزايد كميات الردم أو تناقص كميات الحفر، بمعنى آخر، الجزء الصاعد من منحنى الحجوم يشير إلى منطقة حفر والجزء الهابط يشير إلى منطقة ردم.

٢- عندما نصل إلى أعلى نقطة من المنحنى تتوقف كميات الحفر عن التزايد، وتبدأ كميات الردم بالتزايد وعندما نصل إلى أخفض نقطة من المنحنى تتوقف كميات الردم عن التزايد وتبدأ كميات الحفر بالتزايد.

٣- قيمة الإحداثي الصادي (**المجموع الجبري للحفر والردم**)، عند أي نقطة من المنحنى تمثل مقدار الفرق بين كميات الحفر والردم حتى تلك النقطة، فإن كان هذا الإحداثي موجبا، فهذا يدل على أن كميات الحفر تفوق كميات الردم حتى تلك النقطة بنفس القيمة العددية للإحداثي الصادي، أما إذا كان الإحداثي الصادي سالبا، فتكون كميات الردم أكبر من كميات الحفر بنفس القيمة العددية للإحداثي الصادي ولغاية هذه النقطة.

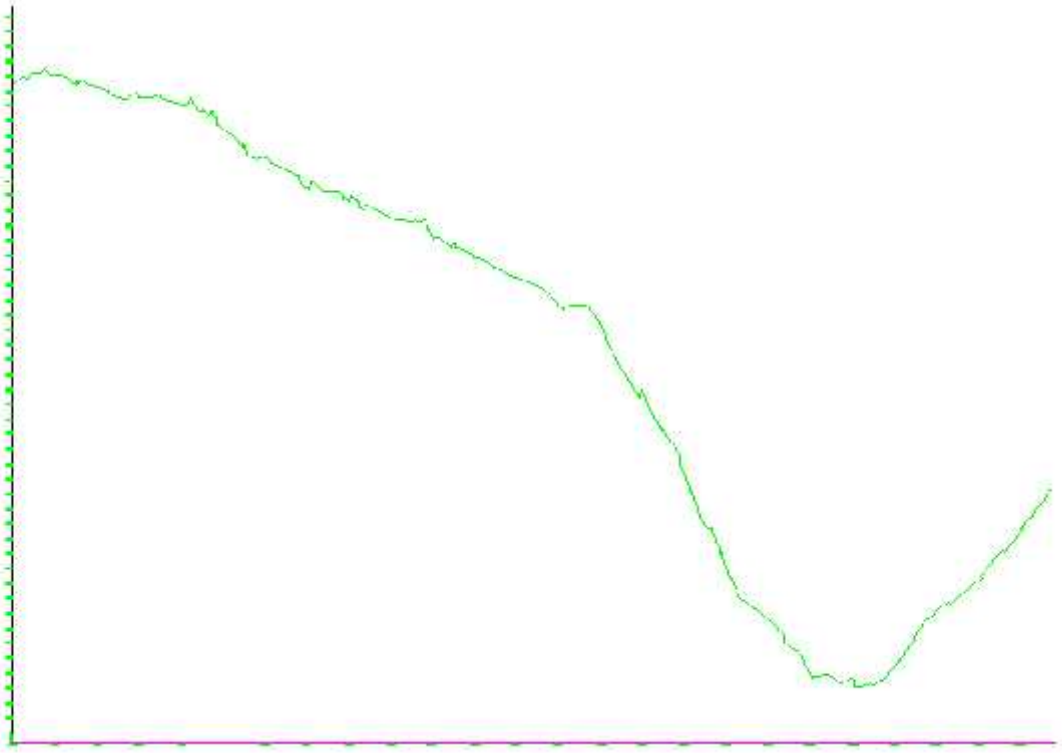
٤- الفرق بين الإحداثيين الصاديين لنقطتين على منحنى الحجوم يمثل كمية الحفر أو الردم الواقعة بين هاتين النقطتين من المشروع شريطة أن يكون المنحنى بين هاتين النقطتين صاعدا أو هابطا دون **انقطاع**.

٥- يطلق على أي خط أفقي يقطع منحنى الحجوم في نقطتين بخط التعادل . كما يطلق على الجزء المحصور بين خط التعادل ومنحنى الحجوم بقطاع التعادل. يكون حجم التربة المحصور بين خط تعادل ما ومنحنى الحجوم موزعا بحيث أن حجم الردم يساوي حجم الحفر، كما في الشكل التالي، النقطة(T) تمثل أعلى نقطة على المنحنى، والخط (I J) يمثل خط تعادل و القطاع (ITJ) يمثل قطاع تعادل كما في الشكل.



الشكل (٧-٧): خط التعادل على منحنى الحجوم

إن مساحة أي قطاع تعادل تمثل عزم النقل اللازم لتوزيع التربة ما بين طرفي خط التعادل لهذا القطاع، يكافئ عزم النقل هذا مجموع حاصل ضرب حجوم الحفريات الفردية في مسافات النقل اللازمة لها في مسافات النقل اللازمة لها، والشكل التالي يظهر منحنى الحجوم للشارع.



الشكل (٧-٨): منحنى الحجوم للشارع

الفصل الثامن

الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة

٨-١ مقدمة :

تكلمنا في الفصول السابقة عن عمليات دراسة و مسح و تصميم الطريق و تخطيطها ونود أن نذكر هنا انه لا بد من إجراء دراسات جيولوجية و دراسات للتربة أثناء عمليات المسح و التصميم و تحديد الجدوى الاقتصادية حتى نتأكد من صلاحية الأرض للحفر و الردم و شق الطريق و كذلك صلاحية المواد الموجودة لإنشاء الجسم الترابي للطريق و رصفها و بناء العبارات و الجسور و الجدران الاستنادية ولا بد كذلك من عمل فحوصات مخبرية على المواد لتحديد خواصها و الاستفادة من هذه الخواص أثناء استعمالها وتتأثر تكاليف إنشاء الطريق بخصائص المواد و طبيعة المنطقة و المشاكل التي تعترضها و الحلول المقترحة ويمكن تلخيص الأهداف الأساسية لفحص التربة.

١. إمكانية التصنيف الدقيق للتربة .
٢. التعرف الخصائص المتعلقة بثبات التربة تحت تأثير الأحمال و قوة تحملها للضغط .
٣. التنبؤ بمقدار الهبوط الذي سيحصل للمنشأ و التأكد من عدم حصول الهبوط غير المتكافئ بين نقاط مختلفة .
٤. دراسة تأثير المياه الجوفية –إن وجد- على سلوك التربة و التعرف على إمكانية تغيير منسوبها ارتفاعا أو انخفاضا مع ربط هذا بعامل الزمن .
٥. تحديد مدى احتواء التربة على الكبريتات أو الكلوريدات أو كليهما معا لتقرير ضرورة استعمال الإسمنت المقاوم للكبريتات .
٦. دراسة مدى تأثير العوامل الجوية المحيطة (مياه الأمطار ،الثلوج ،الحرارة....الخ)على سلوك التربة تحت الأسلت.
٧. التعرف على أشكال خاصة من التربة تستلزم التعامل معها بحذر كتربة اللوس الهابطة أو التربة المنتفخة أو –الممتدة- و غيرهما.

- إن الوقت و الجهد و المال التي يتم بذلها خلال عملية استطلاع او تحريات الموقع و التي تتضمن فحوصات تفصيلية للتربة و تحليلا لنتائج هذه الفحوصات ,لا تقاس بتلك التي يتم بذلها عند ظهور خلل معين في منشا بسبب عدم إجراء هذه الفحوصات .

في ما يلي سرد لبعض الفحوصات المخبرية الواجب القيام بها من اجل تصميم و إنشاء الطريق

الفحوصات التصنيفية للتربة :- و يقصد بها تلك الفحوصات التي يتم بنتيجتها الحصول على دلائل تساعد منفردة أو مجتمعة في تصنيف التربة و التعرف على نوعها, ومن هذه الفحوصات :

محتوى الرطوبة في التربة بطريقة التجفيف بالفرن.

*حدود اتربرغ .

*حد اللدونة للتربة .

*الوزن النوعي للتربة .

*كثافة التربة .

*التدرج الحبيبي للتربة .

فحوصات القص للتربة :-وهي تلك الفحوصات التي تبين التشوهات التي يمكن أن تظهر في التربة تحت تأثير الحمل الخارجي فهو انزلاق حبيبات التربة الواحدة فوق الأخرى و الذي قد يؤدي إلى انزلاق كتلة ترابية فوق أخرى مما يعني الانهيار ومن هذه الفحوصات .

فحص القص المباشر للتربة .

فحص الانضغاط و القص ثلاثي المحاور للتربة .

فحص الانضغاط اللامحور.

فحوصات نفاذية التربة,يمكن تعريف نفاذية التربة بأنها قدرة التربة على السماح للسوائل بالجريان خلال فراغاتها .و يقصد بالسوائل هنا هو الماء,إن فحوصات التي يتم إجرائها في المختبر لتحديد نفاذية التربة فتنحصر في شكلين أساسيين من الفحوصات هما:

الفحص بطريقة ضغط الماء المتغير –ويستعمل لدراسة نفاذية المواد الناعمة كالطمي و الطين .

الفحص بطريقة ضغط الماء الثابت-يستعمل لدراسة نفاذية التربة الرملية و الحصوية .

فحوصات دمك التربة,إن دمك التربة عملية تتم خلالها إعادة ترتيب الحبيبات الصلبة في تكوين التربة من خلال إنقاص حجم الفراغات التي تكون ممتلئة بالهواء ويتم بواسطة مطارق خاصة أو مداحل أو بواسطة الهز ,تهدف فحوصات الدمك التي تجري للتربة في المختبر إلى معرفة درجة الدمك القصوى الممكنة لها. و يتم الفحص عادة لإيجاد محتوى الرطوبة للتربة ,الذي تحصل عنده(بعد دمكها)على أقصى كثافة , و يسمى محتوى الرطوبة هذا بمحتوى الرطوبة المثالي , و الكثافة الجافة عندة بالكثافة الجافة القصوى , و عندما تكون الكثافة الجافة القصوى للتربة معروفة (كثافة المختبر),يصبح من السهل إيجاد نسبة دمك التربة في الموقع , و ذلك بإيجاد الكثافة الجافة

للتربة في الموقع ،بعد دمكها ،و نسبتها إلى الكثافة الجافة القصوى ، و تكون هذه النسبة واضحة و محددة في المواصفات الخاصة بكل مشروع ،تتراوح بين ٩٠ و ١٠٠ بالمائة حسب المكان الذي يتم دمكة .

فحوصات الحقلية للتربة:هي تلك التي تجري في الحقل أو الموقع ،و ذلك على التربة في و ضعها و تركيبها الطبيعيين ، و من أهم الفحوصات الحقلية للتربة

فحص الكثافة الحقلية للتربة بطريقة إحلال الرمل .

فحص نسبة كاليفورنيا (سي بي آر): يعتبر فحص نسبة تحمل كاليفورنيا واحدا من الفحوصات التي تجري للتربة في هندسة الطرق ،

و يرمي هذا الفحص إلى معرفة قابلية التربة لان تكون طبقة أساس للطريق أو أساس مساعد أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق ،وقد جاءت تسمية هذا الفحص نسبة إلى قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية ،الذي كان أول من أطلق هذا الفحص سنة ١٩٢٩.يمكن تلخيص القيمة العملية لهذا الفحص

يساعد في الحكم على قابلية عمل طبقة التربة كطبقة أساس أو أساس مساعد في الطريق

يساعد في تصميم سمك رصفه الطريق ، و توجد لهذا الغرض منحنيات خاصة مثل منحنيات سلاح المهندسين الأمريكي للعلاقة بين قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا و سمك رصفه الطريق

جدول (٨-١) نسبة كاليفورنيا لطبقات الرصفة

الطبقة	نسبة كاليفورنيا(%)
طبقة التأسيس (Subgrade)	٨ حدا أدنى
أساس مساعد (Sub-base course)	٤٠ حدا أدنى
أساس(Base course)	٨٠ حدا أدنى

٨-٢ تجربة بروكتور(proctor test):

يمكن من خلال هذه التجربة معرفة الكثافة للتربة والتعرف على الكثير من صفاتها. 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 انه، كلما زادت كمية الماء (نسبة الماء)في التربة فإن كثافتها تزداد وأنه بعد الوصول إلى حد معين تبدأ الكثافة بالنقصان تدريجيا.إن هذه النقطة سميت الكثافة العظمى(Maximum density).

ونسبة الماء التي تعطي أعلى كثافة(كثافة عظمى)سميت بنسبة الماء المثالية للتربة وذلك أثناء عملية (Optimum moisure content).

8-٢-1 الهدف:

الهدف هو إيجاد أعظم كثافة لهذه التربة كما أنه يهدف إلى أيجاد نسبة الماء المثالية للتربة وذلك أثناء عملية الرص لهذه العينات

2-2-8 تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test):

إن مبدأ التجربة يقوم على أساس دمك التربة بداخل أسطوانة معدنية وهي ما يسمى (قالب بروكتور)ويكون قطر الإسطوانة من الداخل(١٥.١٧ cm) وارتفاعها (١١.٦٣ cm) حيث نقوم بدمك التربة على خمسة طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة، ويتم دمك كل طبقة بمطرقة خاصة وتابعة للقالب وزنه ٤.٤٥كغم (9.8 باوند) تسقط من ارتفاع طوله قدم واحد (٣٠.٤٨سم) وان عدد الضربات (65 ضربة). وتسمى مطرقة بروكتور ثم تحسب كثافة التربة ونسبة الماء بها.

3-2-8 الأدوات المستخدمة:

١. قالب بروكتور مع الغطاء المتحرك.
٢. مطرقة بروكتور المعدلة (9.8 باوند).
٣. وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء مع مسطرين وأداه غير حادة (spatula).
٤. منخل رقم ¾ " و٤ .
٥. حفنات صغيرة وفرن للتجفيف.
٦. ميزان (سعة ٤٠ كغم، دقة ٢غم)، ميزان حساس (سعة ١٢٠٠غم، دقة ٠.٠١غم).

4-2-8 خطوات العمل:

١. توزن الجفنات فارغة وتسجل أرقامها.
٢. يوزن قالب بروكتور مع قاعدته فارغا ويسجل وزنه.
٣. بعد تحضير العينة، تنخل على منخل رقم ٤".
٤. بناءا على نسبة الرطوبة التي تم حسابه توضع كمية من الماء على العينة(٢%) 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 بعمل٥٤ ضربة على كل طبقة من الطبقات الثلاثة.
٥. يزال غطاء قالب بركتور ويمسح ما يزيد عن وجهة القالب من العينة المرصوصة باستعمال أداه غير حادة(spatula) ويسوى سطح القالب.
٦. تزن العينة مع القالب ويسجل الوزن . تزال العينة من القالب بالإزميل أو باستعمال جهاز إخراج العينات تأخذ عينة من وسط القالب ومن طرفيه في جفنه وتزن الجفنة مع العينة ثم توضع في الفرن لمدة ٢٤ ساعة لتزن الجفنة مع العينة المجففة في اليوم التالي.
٧. تكرر العملية كل مرة تزيد فيها نسبة الماء بقيمة (٢%) حتى يبدأ وزن القالب مع العينة بالنقصان.

5-2-8 الحسابات:

- وزن القالب المستخدم فارغ = ٧٧٤٦غم
- قطر القالب = ٥.٢ سم
- ارتفاع القالب = ١١.٥٨سم
- حجم القالب = $\Pi \times$ (نصف قطر القالب)^{٢} × ارتفاع القالب
- = ٢١٠١.٢٨سم^{٣}
- وزن التربة الرطبة والقالب = ١٢٢٩٤ غم
- وزن التربة الرطبة = ٤٥٤٨ غم
- الكثافة الرطبة = ٢.١٦٤ غم/سم^{٣}

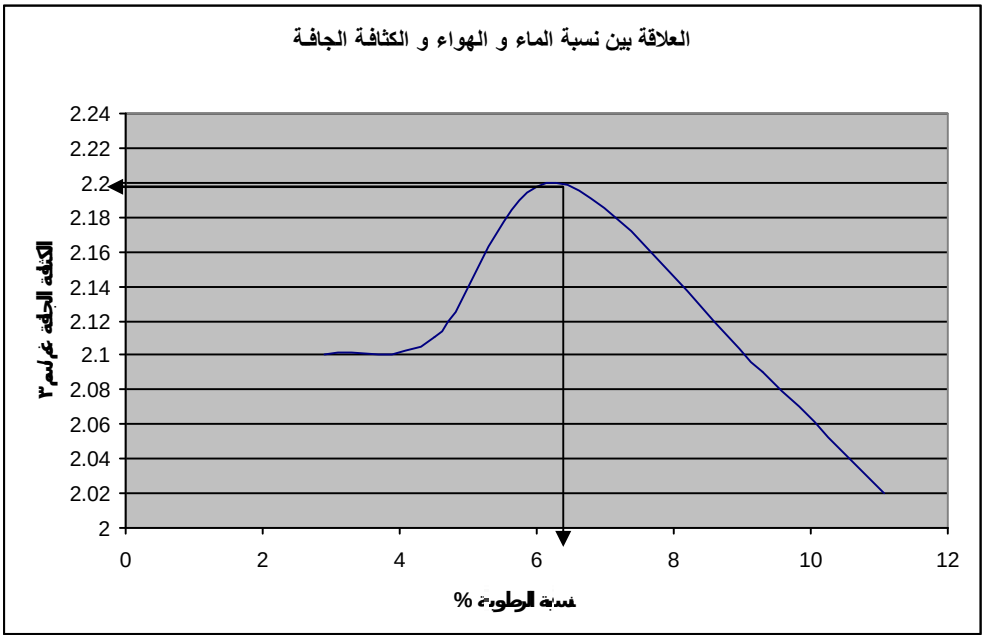
-

الجدول (٨-٢) : قيم الكثافة الرطبة للعينات

وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	الحجم (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
12294	4548	2101.28	2.164
12392	4646	2101.28	2.211
12662	4916	2101.28	2.339
12546	4800	2101.28	2.284
12480	4734	2101.28	2.252

الجدول (٨-٣): قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة للعينات

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة +التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
1	١	31.23	235.37	229.59	5.78	2.164	198.36	2.91	2.1
2	٢	31.65	287.9	276.85	11.05	2.211	245.2	4.5	2.11
3	٣	31.2	280.82	266.06	14.76	2.339	234.86	6.28	2.2
4	٤	31.78	268.88	248.72	20.16	2.284	216.94	9.29	2.09
5	٥	30.77	329.43	299.65	29.78	2.252	268.88	11.07	2.02



الشكل (٨-١): العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة

- من الشكل السابق يظهر أن:

نسبة الماء المثالية = ٦.٢٧ %

الكثافة الجافة العظمى = ٢.٢ غم/سم^{٣}

3-8 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا:(CBR) (California Bearing Ratio Test)

1-3-8 مقدمة:

تقاس CBR بمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس إسطواني مساحة مقطعة 1963ملم٢ عندما تسلط علية قوة بمعدل منتظم.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 فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20ملم.

2-3-8 الهدف من التجربة:

إيجاد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) لطبقات الرصفة .

3-3-8 الأدوات المستخدمة:

١- منخل رقم 20 ملم (3/4") .

٢- قالب معدني اسطواني قطرة الداخلي 152 ملم وارتفاعه الداخلي 178 ملم مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة إضافية ارتفاعها 50 ملم توضع في حالة تعبئة القالب أثناء الرص.

٣- مكبس اسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963ملم٢وطول 250ملم.

٤- جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.

٥- مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 4.54كغم (10باوند).

٦- أداة لقياس حركة أعلى العينة عند الغمر بالماء.

٧- ميزان يزن لغاية 25 كغم.

٨- جهاز إخراج العينات.

٩- حوض ماء، سكين بدون حافة، ورق ترشيح.

4-3-8 طريقة العمل:

١- تنخل كتلة من العينة على منخل رقم ¾" . المحجوز على المنخل يتم استبداله بنفس الكمية مارة من منخل رقم ¾" ومحجوزة على منخل رقم 4".

٢- تضاف كمية من الماء إلى العينة في وعاء يمنع التبخر لمدة 24ساعة :

كمية الماء المضافة =(نسبة الماء المثالية –نسبة الرطوبة)×وزن العينة .

٣- 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 4.5كغم وارتفاع هبوطها 45.8سم) ، وتوزع الضربات على سطح الطبقة بشكل منتظم بحيث تكون الطبقة الأخيرة ملامسة

للسطح ومرتفعة قليلا عنة ، تزال الحلقة ويسوى سطح العينة مع وجه القالب باستعمال سكين غير حادة.

٤- تعاد الخطوة رقم ٣ لقالبين آخرين ولكن بعدد ضربات:

القالب الثاني: 25ضربة لكل طبقة.

القالب الثالث: ٦٥ ضربة لكل طبقة.

٥- يوضع القالب الأول في جهاز الغرز محتويا على العينة مع وجود القاعدة وسطح العينة إلى الأعلى ، وعن طريق غرز المكبس بمعدل 1 ملم/دقيقة يتم تسجيل الحمل عند غرز مقداره (13،12،11،10،9،8،7،6،5،4،3،2،1) ملم ، وأثناء الغرز يجب وضع قرص دائري فوق المادة الجاري تجربتها وثقل هذا القرص يعادل سمك الرصف المنتظر فوق هذه المادة قي الطبيعة

5-3-8 الحسابات :

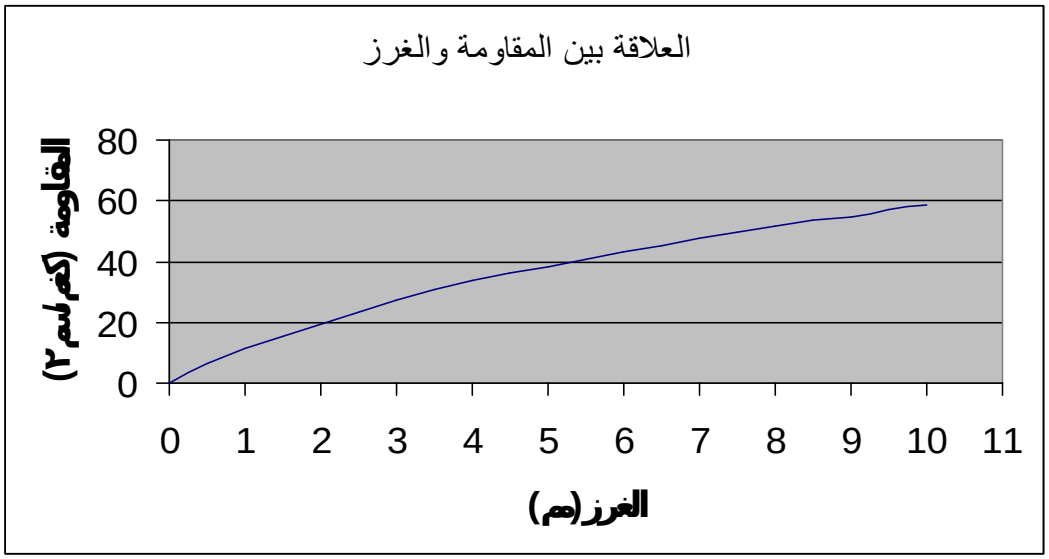
يرسم منحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب لاختراق 2.5 ملم في العينة عند التجربة و يكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرز وقيمة الحمل المناظر لذلك الغرز متحدباً من الأعلى، في بعض الحالات قد يكون في بداية التجربة مقعراً إلى الأعلى ثم ينعكس وبهذه 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 اخذ قيمة ل CBRمنه.

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)=(الحمل المسبب لاختراق ٠.١" للعينة عند التجربة /الحمل المسبب لنفس الاختراق لعينة قياسية)*١٠٠%

الجدول (٨-٤): العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ١٠ ضربات

الغرز (mm)	الحلى div	المقاومة (كغم/سم٢)	المقاومة بعد تعديل المنحنى
0	0	0	
0.5	48	6.300775194	
1	87	11.42015504	
1.5	117	15.35813953	
2	148	19.42739018	
2.5	177	23.23410853	23.23410853
3	207	27.17209302	
3.5	234	30.71627907	
4	256	33.60413437	
4.5	275	36.09819121	
5	290	38.06718346	38.06718346
5.5	310	40.69250646	
6	328	43.05529716	
6.5	344	45.15555556	
7	363	47.6496124	
7.5	377	49.4873385	

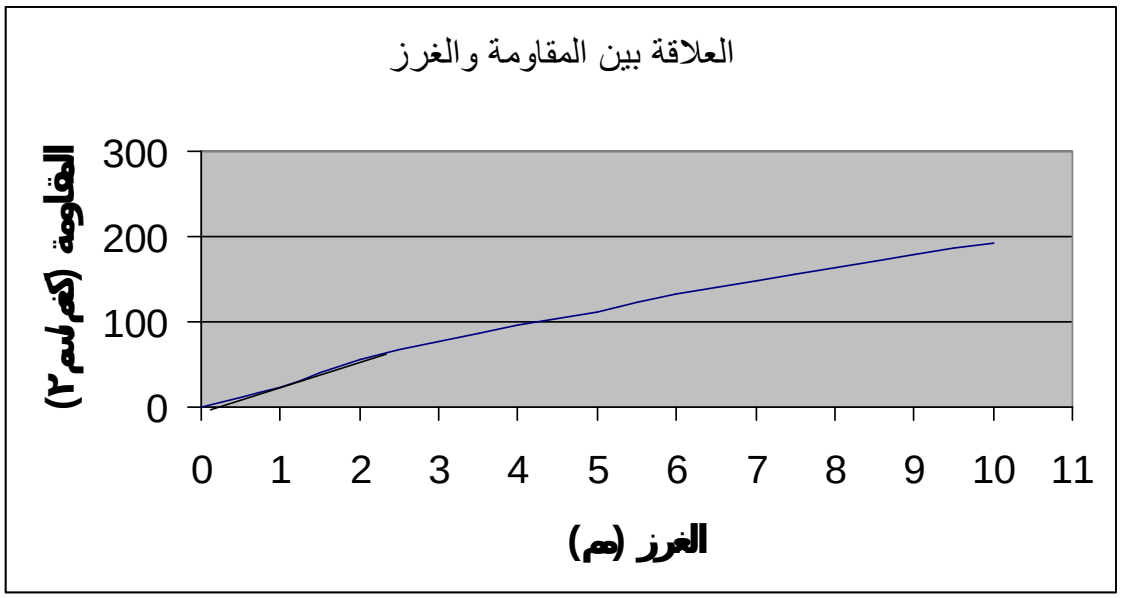
8	392	51.45633075	
8.5	407	53.425323	
9	418	54.86925065	
9.5	434	56.96950904	
10	448	58.80723514	



الشكل (٨-٢): المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ١٠ ضربات

الجدول (٨-٥): العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٣٠ ضربة

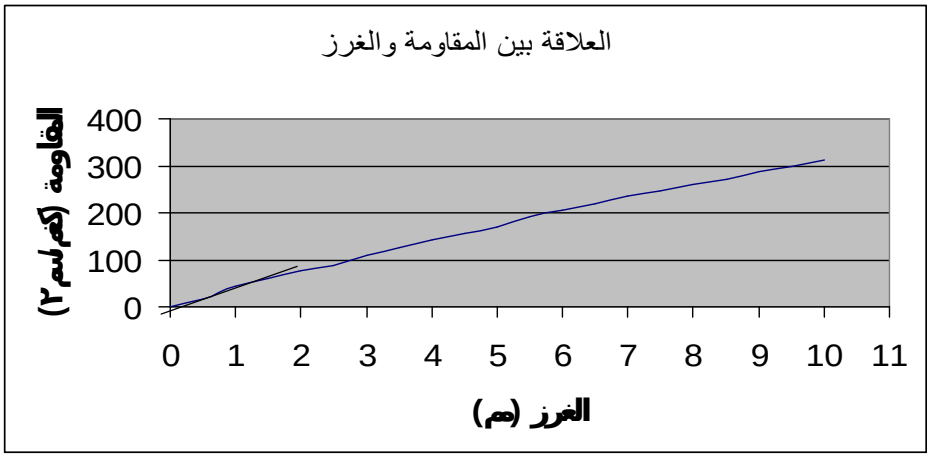
الغرز(mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم٢)	المقاومة بعد تعديل المنحنى
0	0	0	
0.5	90	11.81395349	
1	175	22.97157623	
1.5	310	40.69250646	
2	418	54.86925065	
2.5	512	67.20826873	51.075
3	590	77.44702842	
3.5	662	86.89819121	
4	730	95.82428941	
4.5	792	103.9627907	
5	843	110.6573643	98.3825
5.5	936	122.8651163	
6	1005	131.9224806	
6.5	1070	140.4547804	
7	1132	148.5932817	
7.5	1192	156.4692506	
8	1250	164.0826873	
8.5	1307	171.5648579	
9	1359	178.3906977	
9.5	1418	186.1354005	
10	1462	191.9111111	



الشكل (٨-٣) :المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٣٠ ضربة.

الجدول (٨-٦): العلاقة بين الحمل المسبب للغرزفي القالب عند ٦٥ ضربة.

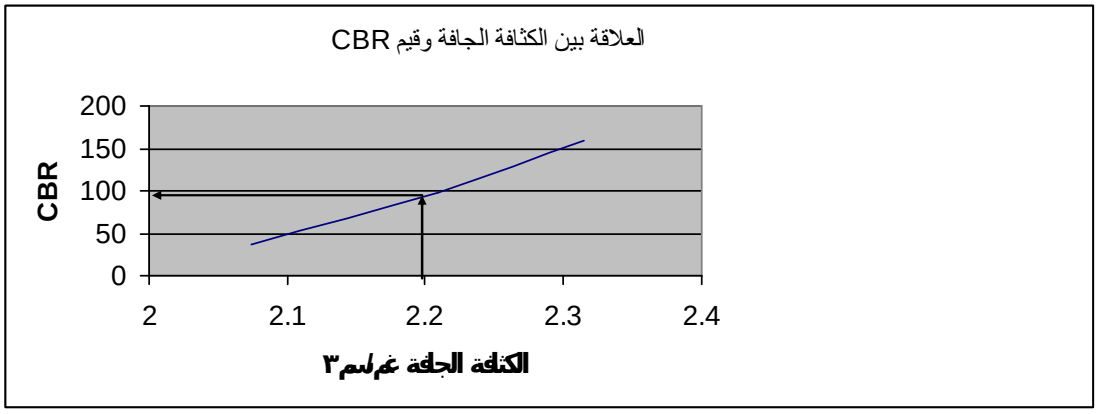
الغرز (mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم٢)	المقاومة بعد تعديل المنحنى
0	0	0	
0.5	135	17.72093023	
1	330	43.31782946	
1.5	460	60.38242894	
2	585	76.79069767	
2.5	670	87.94832041	81.0418
3	840	110.2635659	
3.5	970	127.3281654	
4	1095	143.7364341	
4.5	1190	156.2067183	
5	1290	169.3333333	158.3893
5.5	1452	190.5984496	
6	1570	206.0878553	
6.5	1672	219.4770026	
7	1790	234.9664083	
7.5	1882	247.0428941	
8	1979	259.7757106	
8.5	2075	272.377261	
9	2182	286.422739	
9.5	2275	298.630491	
10	2382	312.675969	



الشكل (٨-٤): المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٦٥ ضربة.

الجدول (٨-٧): الكثافة الجافة للقوالب الثلاثة وقيم CBR لها:

عدد الضربات	الكثافة الجافة (غم /سم٣)	CBR at 5 mm	CBR at 2.5 mm
10	2.074	38.067	23.234
30	2.21	98.382	51.075
65	2.315	158.389	83.041



الشكل (٨-٥): العلاقة بين الكثافة الجافة وقيم CBR عند غرز ٥.٠ مم.

من الشكل السابق يتم حساب قيمة CBR عند كثافة ٩٥% من أعلى قيمة للكثافة الجافة وذلك حسب المواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين حيث أنها تساوي ٩٧.٢%.

4-8 تجربة تحليل الخلطة الإسفلتية:

تقسم هذه التجربة إلى جزأين:

- إيجاد نسبة الإسفلت في الخلطة الإسفلتية.
- إيجاد التدرج الحبيبي للخلطة الإسفلتية.

❖ **الهدف:**

- إيجاد نسبة الإسفلت الفعلية المستخدمة لعمل المخلوط الإسفلتي الساخن، وهناك عديد من الطرق المستخدمة منها:
  ١. طريقة القوة الطاردة المركزية .
  ٢. طريقة الحجرة الزجاجية .
  ٣. طريقة السلة والغلاية .
- إيجاد التدرج الحبيبي للخلطة الإسفلتية و رسم العلاقة بين نسبة المار و رقم المنخل.

1-4-8 طريقة الطرد المركزي:

1-1-4-8 الأدوات المستخدمة:

١. جهاز الطرد المركزي ويتكون من وعاء قطره (21سم) وارتفاعه حوالي (6سم) يدور بسرعة يمكن التحكم فيها تصل إلى (3600) دورة في الدقيقة ولها غطاء معدني. وهذا الجهاز مكملا 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.
٢. عينة إسفلت غير مدكوكة (حوالي 1200 غم).
٣. فرن تسخين (يعطي لغاية 250°C ، ودقته لأقرب 5°C).
٤. فرن تجفيف (يعطي 250°C-240°C).
٥. ورقة ترشيح.
٦. أقراص فلتر أقطراها 9.75سم.
٧. مادة مذيبة (بنزين).
٨. ميزان حساس (سعة 1200غم، ودقة 0.01).
٩. صينية.

2-1-4-8 طريقة العمل:

١. توزن عينة من الخلطة الإسفلتية داخل الوعاء بعد تسخينها لدرجة تسهل مناولتها.
٢. تضاف كمية من المادة المذيبة إلى العينة ثم تترك وقت كاف حوالي نصف ساعة حتى تتفكك.
٣. توضع العينة والمذيب في جهاز الطرد المركزي.
٤. يجفف ويوزن قرص فلتر ويركب فوق حافة الوعاء بعد وضع ورقة الترشيح ثم يوضع وعاء تحت المصرف لجمع المحلول المتصرف ثم يغطى الجهاز.
٥. يبدأ الطرد المركزي بالدوران البطيء وبالتدريج تزداد السرعة حتى يتوقف تصرف المحلول من المصرف ثم يوقف الجهاز.
٦. يضاف (200)سم٣ من المذيب النظيف ثم تعاد الخطوة رقم ٥.
٧. تستعمل إضافات (200)سم٣ من المذيب النظيف كل مرة (لا تقل عن ثلاثة مرات) حتى يحصل على محلول متصرف نظيف.
٨. تخرج العينة مع ورق النشاف من جهاز الطرد المركزي وتوضع في صينية ثم تحرق العينة مع ورقة النشاف في الوعاء مع التحريك.
٩. توضع العينة في الفرن المجفف لمدة (24) ساعة وتوزن في اليوم التالي.
١٠. توضع العينة في منخل رقم (200) ثم تغسل في الماء للتخلص من المواد العالقة ويستمر في الغسيل حتى يصبح لون الماء نقيا.
١١. توضع العينة في وعاء ومن ثم توضع في فرن التجفيف (110) درجة مئوية لمدة (24)ساعة وتوزن في اليوم التالي.
١٢. تنخل العينة على المناخل (1/2" ، 3/8" ، رقم4 ، رقم 8 ، رقم40 ، رقم80 ، رقم200) بعد ترتيبها فوق بعضها البعض من الأصغر إلى الأكبر.
١٣. يزن المحجوز على كل منخل من المناخل.

3-1-4-8 الحسابات:

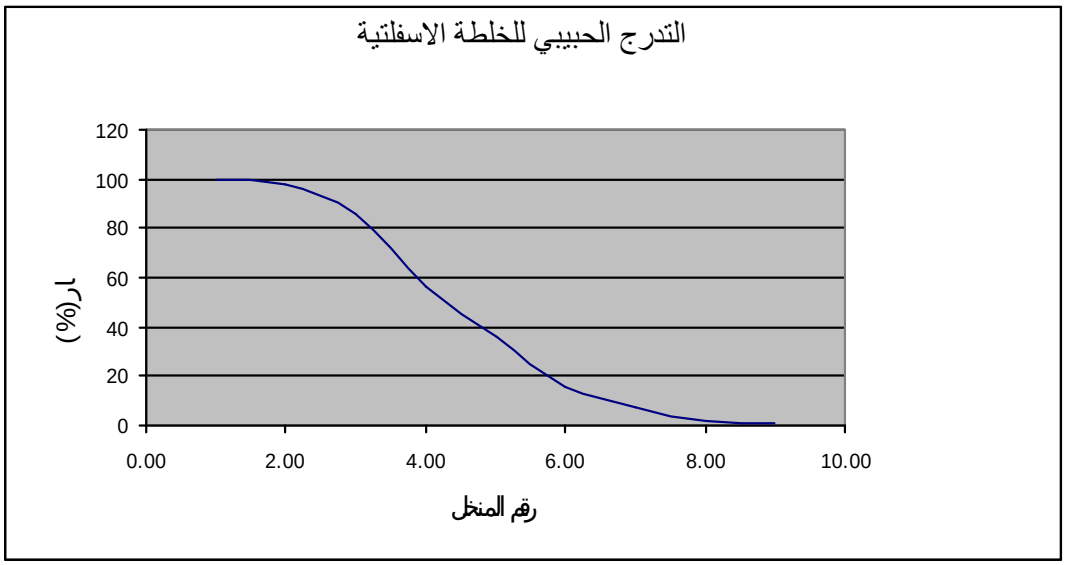
- وزن الخلطة الإسفلتية الكلية = ١٢٠٠ غم
- وزن العينة بعد التجفيف = ١١٣٨.٣ غم
- نسبة الإسفلت بالنسبة للخلطة = $\frac{1200-1138.3}{1200}\times 100\% = 5.14\%$
- نسبة الإسفلت بالنسبة للركام = $\frac{1200-1138.3}{1138.3}\times 100\% = 5.42\%$
- وزن الحصمة بعد الغسيل و التجفيف = ١٠٨٧.٨ غم
- وزن الحصمة المارة من منخل ٢٠٠ بعد الغسيل = ٥٠.٥ غم

- وزن الحصمة المارة من منخل ٢٠٠ بعد التنخيل = ٦.٣٦غم
- وزن الحصمة الكلي المار من منخل ٢٠٠ = ٥٦.٨٦ غم
- نسبة الحصمة المارة من منخل ٢٠٠ = $\frac{56.86}{1187.8}\times 100\%$
$= 5.22\%$

الجدول (٨-8) : التدرج الحبيبي للخلطة الإسفلتية

رقم المنخل	الوزن المتبقي(غم)	نسبة المتبقي(%)	نسبة المتبقي التراكمي(%)	نسبة المار(%)	حدود التدرج القياسية
3/4"	0	0	0	100	100
1/2"	25.1	2.31	2.31	97.69	85-47
3/8"	126.17	11.61	13.92	86.08	86-60
4	322.14	29.61	43.53	56.47	65-40
10	226.69	20.85	64.38	35.62	45-25
20	217.37	19.98	84.36	15.64	30-16
40	92.94	8.54	92.9	7.1	32-10
80	53.9	4.95	97.85	2.15	15--6
200	17.09	1.57	99.42	0.58	8--3
pan	6.36	0.58	100	0	

❖ ملاحظة عند المنخل رقم ٤٠ يجب إضافة مواد ناعمة تمر من هذا المنخل و ذلك حتى تصبح النسب مطابقة للمواصفات.



الشكل (٨-٦): العلاقة بين نسبة المار و فتحة المنخل و هو ما يعرف بالتدرج الحبيبي لحصمة الخلطة الاسفلتية

الفصل التاسع

التصميم الإنشائي للطريق (Structural Design)

1-9 مقدمة

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

والنوع الثاني الأكثر شيوعاً هو الرصف المرن ويتكون من عدة طبقات هي تحت الأساس والأسـاس الحجري أو الحصوي ثم طبقات الرصف الإسفلتية وسوف نستعرض طريقة تصميم الرصف المرن .

هناك نوعان رئيسيان للرصفة :

أولا: الرصفة المرنة (Flexible Pavement) :

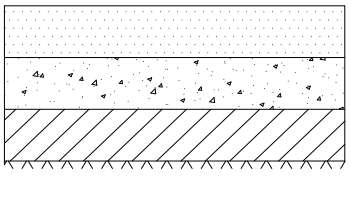
وهي التي تكون ملاصقة لسطح الطريق الترابي ، مهما اتخذ هذا السطح من أشكال وتعرجات ، وتوجد على نوعين :

١. **رصفة تافورد**: وذلك بحيث تحدد الرصفة و تبنى اطاريف باحجار تسمى حجارة الشك.
   أ- يتم رصف الطريق بحجارة بسماكة ٢٠ سم و تعبا الفراغات بحصى صغيرة
   ب- ترش طبقة صغيرة من الحصمة الفولية لتعبئة الفراغات
   ت- يرش اسفلت بدرجة غرز ٨٠% **و بمعدل** ٤ كيلو على المر المربع.
٢. رصفة الفرشيات **:** وقد انتشر استخدام هذه الطريقة في منتصف الخمسينيات ، حيث يمكن بهذه الطريقة الاستغناء عن الرصفة بالحجارة وتوريد مواد مخلوطة ومتدرجة مثل البسكورس وفرشها بالسمك المطلوب وتفرد هذه الطبقات بحيث لايتجاوز سمك كل طبقة عن 20سم

ثانيا: الرصفة القاسية: (Rigid Pavement)

و هي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (30 – 15)سم ، بحيث يتم صبها على الطريق أو على أساس حصوي الذي يتم فرده قبل ذلك ، وقد تكون هذه الطبقة مسلحة أو غير مسلحة ، وتصب بشكل كامل او على شكل قطع بحيث يبلغ طول كل قطعة ما بين (50 – 20) م للخرسانة العادية ، وقد يصل طول القطعة إلى 300م للخرسانة المسلحة ، وعادة يتم تسليحها بشبكة من الحديد عند الاحمال العالية على الطرق او عندما تكون طبقة التربة الام ضعيفة جدا.

2-9 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement)



شكل (9-1) طبقات الرصفة المرنة

تتكون الرصفة المرنة كما يظهر في شكل(9-1) من العناصر التالية :

١. القاعدة الترابية (sub grade): و هي عبارة عن المواد المكونة لسطح الطريق المراد عمله او من الالمواد التي تم قصها من مكان اخر ، وتدمك هذه الطبقة حتى تصل إلى القوة المطلوبة .

٢. طبقة ما تحت الأساس (sub base) :وهي الطبقة التي تنشأ مباشرة فوق طبقة القاعدة الترابية . إذا كانت خواص القاعدة الترابية مساوية لخصائص هذه الطبقة فيمكن الاستغناء عن هذه الطبقة ، وإذا لزم الأمر يتم إجراء عملية تثبيت لهذه الطبقة لتصل إلى المقاومة المطلوبة .

٣. طبقة الأساس (base course) وهي مجموعة من الحصى المتدرجة متوسطة الخشونة و تكون حجارة مكسرة ة يتم احضارها حاليا من الكسارات، وهو ما يعرف في بلادنا بالبسكورس .

٤. الطبقة السطحية الإسفلتية (surface course) : وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (Prime coal) .

هناك عدة طرق لتصميم الرصفة المرنة ، وهنا سنستخدم طريقة AASHTO لتصميم الرصفة المرنة.

9- ٣ العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة المرنة حسب طريقة AASHTO:

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

كما ان خصائص التربة والمواد المستخدمة في تكوين وانشاء كل طبقة من طبقات التربة ، و بعض العوامل الاخرى من احوال جوية كامطار و رياح و غيرها.

9-٤ حساب الأوزان المحورية القياسية :

التصميم الإنشائي للطريق :

كما يبين الشكل السابق(9-1) فان تصميم الطريق يتكون من مجموعة من الطبقات و هي مبينة كالتالي:-

- طبقة الأسفلت.
- طبقة البسكورس(base course)(طبقة الاساس).
- طبقة ما تحت الاساس(sub base).
- طبقةسطح الارض(sub grade).

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

١. حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load)

حيث:

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

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

$f_{d:}$ design lane factor.

G_f: growth factor.

AADT: first year annual average daily traffic.

N_i : number of axles on each vehicle.

f_E : load equivalency factor

ويتم الحصول على قيمة f_d من الجدول (9-1) :

جدول (9-1) نسبة المركبات في المسرب الواحد Percentage Of Total Truck Traffic in Design Lane

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

أما الطريق المراد تصميمها فتحتوي على 4 مسارب في الاتجاهين (أي مسربين في الاتجاه الواحد) فتؤخذ قيمة f_d المقابلة للرقم ٢ من الجدول (9-1) فتكون ($f_d = 50\%$) .

أما قيمة growth factor (G_f) فيتم الحصول عليه من الجدول (9-2) :

جدول (9-2) معاملي النمو (Growth factor)

Design period years	Annual Growth Rate (%)							
	No. growth	2	4	5	6	7	8	10
1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
2	2.0	2.02	2.04	2.05	2.06	2.07	2.08	2.10
3	3.0	3.06	3.12	3.15	3.18	3.21	3.25	3.31
4	4.0	4.12	4.25	4.31	4.37	4.44	4.51	4.64
5	5.0	5.20	5.42	5.53	5.64	5.75	5.87	6.11
6	6.0	6.31	6.63	6.80	6.98	7.15	7.34	7.72
7	7.0	7.43	7.90	8.14	8.39	8.65	8.92	9.49
8	8.0	8.58	9.21	9.55	9.90	10.26	10.64	11.44
9	9.0	9.75	10.58	11.03	11.49	11.98	12.49	13.58
10	10.0	10.95	12.01	12.58	13.18	13.82	14.49	15.94
11	11.0	12.17	13.49	14.21	14.97	15.78	16.65	18.53
12	12.0	13.41	15.03	15.92	16.87	17.89	18.98	21.38
13	13.0	14.68	16.63	17.71	18.88	20.14	21.50	24.52
14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95

17	**17.0**	**20.01**	**23.70**	**25.84**	**2.21**	**30.48**	**33.75**	**40.55**
18	**18.0**	**21.41**	**25.65**	**28.13**	**30.91**	**34.00**	**37.45**	**45.60**
19	**19.0**	**22.84**	**27.67**	**30.54**	**33.76**	**37.38**	**41.45**	**51.16**
20	**20.0**	**24.30**	**29.78**	**33.06**	**36.79**	**41.00**	**45.76**	**57.28**
25	**25.0**	**32.03**	**41.65**	**47.73**	**51.86**	**63.25**	**73.11**	**98.35**
30	**30.0**	**40.57**	**56.08**	**66.44**	**79.05**	**94.46**	**113.28**	**164.49**
35	**35.0**	**49.99**	**73.65**	**90.32**	**111.43**	**138.24**	**172.32**	**271.02**

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

أما AADT **فتؤخذ من جدول حجم المرور رقم** (9-3) (**متوسط عدد المركبات الكلي** لليوم الواحد) = 13860 سيارة / يوم.

جدول (9-3): تحويل أوزان المركبات إلى حمل قياسي(Load Equivalency factor)

Gross Axle Load		**Load Equivalency factor**		**Gross Axle Load**		**Load Equivalency factor**	
KN	**Ib**	**Single Axle**	**Tandem Axle**	**KN**	**Ib**	**Single Axle**	**Tandem Axle**
4.45	**1,000**	**0.00002**		**182.5**	**41,000**	**23.27**	**2.29**
8.9	**2,000**	**0.00018**		**187.0**	**42,000**	**25.64**	**2.51**
13.35	**3,000**	**0.00072**		**191.3**	**43,000**	**28.22**	**2.75**
17.8	**4,000**	**0.00209**		**195.7**	**44,000**	**31.00**	**3.00**
22.25	**5,000**	**0.00500**		**200.0**	**45,000**	**34.00**	**3.27**
26.7	**6,000**	**0.01043**		**204.5**	**46,000**	**37.24**	**3.55**
31.15	**7,000**	**0.01960**		**209.0**	**47,000**	**40.74**	**3.85**
35.6	**8,000**	**0.03430**		**213.5**	**48,000**	**44.50**	**4.17**
40.0	**9,000**	**0.0562**		**218.0**	**49,000**	**48.54**	**4.51**
44.5	**10,000**	**0.0877**	**0.00688**	**222.4**	**50,000**	**52.88**	**4.86**
48.9	**11,000**	**0.1311**	**0.01008**	**226.8**	**51,000**		**5.23**
53.4	**12,000**	**0.189**	**0.0144**	**231.3**	**52,000**		**5.63**
57.8	**13,000**	**0.264**	**0.0199**	**235.7**	**53,000**		**6.04**
62.3	**14,000**	**0.360**	**0.0270**	**240.2**	**54,000**		**6.47**
66.7	**15,000**	**0.478**	**0.0360**	**244.6**	**55,000**		**6.93**
71.2	**16,000**	**0.623**	**0.0472**	**249.0**	**56,000**		**7.41**
75.6	**17,000**	**0.796**	**0.0608**	**253.5**	**57,000**		**7.92**
80.0	**18,000**	**1.00**	**0.0773**	**258.0**	**58,000**		**8.45**

84.5	**19,000**	**1.24**	**0.0971**	**262.5**	**59,000**		**9.01**
89.0	**20,000**	**1.51**	**0.1206**	**267.0**	**60,000**		**9.59**
93.4	**21,000**	**1.83**	**0.148**	**271.3**	**61,000**		**10.20**
97.8	**22,000**	**2.18**	**0.180**	**275.8**	**62,000**		**10.84**
102.3	**23,000**	**2.58**	**0.217**	**280.2**	**63,000**		**11.52**
106.8	**24,000**	**3.03**	**0.260**	**284.5**	**64,000**		**12.22**
111.2	**25,000**	**3.53**	**0.308**	**289.0**	**65,000**		**12.96**
115.6	**26,000**	**4.09**	**0.364**	**293.5**	**66,000**		**13.73**
120.0	**27,000**	**4.71**	**0.426**	**298.0**	**67,000**		**14.54**
124.5	**28,000**	**5.39**	**0.495**	**302.5**	**68,000**		**15.38**
129.0	**29,000**	**6.14**	**0.572**	**307.0**	**69,000**		**16.26**
133.5	**30,000**	**6.97**	**0.658**	**311.5**	**70,000**		**17.19**
138.0	**31,000**	**7.88**	**0.753**	**316.0**	**71,000**		**18.15**
142.3	**32,000**	**8.88**	**0.857**	**320.0**	**72,000**		**19.16**
146.8	**33,000**	**9.98**	**0.971**	**325.0**	**73,000**		**20.22**
151.2	**34,000**	**11.18**	**1.095**	**329.0**	**74,000**		**21.32**
155.7	**35,000**	**12.5**	**1.23**	**333.5**	**75,000**		**22.47**
160.0	**36,000**	**13.93**	**1.38**	**338.0**	**76,000**		**23.66**
164.5	**37,000**	**15.50**	**1.53**	**342.5**	**77,000**		**24.91**
169.0	**38,000**	**12.20**	**1.70**	**347.0**	**78,000**		**26.22**
173.5	**39,000**	**19.06**	**1.89**	**351.5**	**79,000**		**27.58**
178.0	**40,000**	**21.08**	**2.08**	**365.0**	**80,000**		**28.99**

جدول (9-٤): عدد ونسبة المركبات المارةفي الشارع

اليوم	متوسط عدد المركبات لكل ساعة					النسبة
	سيارة	%	شاحنة	%	باص	%
السبت	٢١٥	٨٩	٢٥	١٠	١	.01
الاحد	١٧٦	82.6	٣٦	17	1	.004
الاثنين	١٦٩	86.6	٢٥	13	1	.004
الثلاثاء	١٦٤	83	٣٣	16.6	١	.004
الاربعاء	١٥٧	84	٢٩	15.5	١	.005
الخميس	١٤٤	88	١٩	11.6	1	.004
الجمعة	٥٦	89	٦	9.5	1	.015
المتوسط	154	85.5	25	13.8	1	.007

- Passenger cars (10 kN / axle) = 85.5%
- 2-axle single-unit busses (100 kN / axle) = .007%
- 3-axle single-unit trucks (110 kN / axle) =13.8%

ويعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على هذه الأحمال من **الجداول السابقة**

- load equivalency factor for a cars (fE(car)) = 0.0003135 (single axle)
- load equivalency factor for a busses (fE(bus)) = 0.198089 (tandem axle)
- load equivalency factor for a trucks (fE(truck)) = 0.29419 (tandem axle)

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

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E)$$

ESAL **car** =0.5 * 29.78 * 13860 *.855 * 365 * 2 * .0003135 = 40381.68

ESAL **buss** = 0.5 * 29.78 * 13860 * .007* 365 * 2 * .198089=2089003.59

ESAL **truck** = 0.5 * 29.78 * 13860 * .138 * 365 * 2 * .29419=6116285.94

ESAL **total** = 8245671.21

5-9 حساب سماكة الطبقات:

- يبين الجدول التالي نسبة كالفورنيا للطبقات ونوع كل طبقة :

جدول (9-0): نسبة كالفورنيا ونوع كل طبقة من طبقات الرصفة

الطبقة	CBR(Kentuky)	المادة المستخدمة
Asphalt	…….	**Plant Mix.**
Base Coarse	٩٧.٢	**Crushed Stone**
Sub Base	**20.8**	…….

حيث يتم حساب طبقات الرصفة المرنة كما يلي:

$$SN = a_1D_1 + a_2D_2 + a_3D_3 \quad .....9.2$$

Where:

- SN: Structural Number.
- a_1,a_2,a_3: layer coefficients representative of surface, base course, and sub base respectively .
- D_1,D_2,D_3 : actual thickness, of surface, base course, and sub base respectively.

$$R = \frac{N_d}{12} \times R_d + \frac{N_s}{12} \times R_s \quad .....9.3$$

ويتم حساب المعامل المناخي (Regional factor) من المعادلة :

Where:

- R: Regional Factor
- Nd: Number of dry months in a year
- Rd : Regional Factor for soils dry
- Ns: Number of saturated months in a year
- Rs: Regional Factor for soils saturated

حيث يتم الحصول على قيمة كل من (Rd, Rs) من الجدول التالي :

جدول (9-٦): قيمة المعامل المناخي(Regional Factor)

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

أما في منطقة حلحول فتكون فيها السنة 4 أشهر رطبة (saturated) و8 أشهر جافة (dry) فتكون قيمة R في منطقة حلحول كمايلي:

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

بمعرفة (CBR) لكل طبقة ، تعرف قيم (S-soil support value) المقابلة ل(CBR) لكل طبقة على حده .

(S1-soil support value) = 8

(S2-soil support value) = 7.4

(S-soil support value) = 6.5

١. ثم تعين قيم (S-soil support value) وتوصل مع النقطة المعينة على تدريج (ESAL = 8245) ، ثم يمد الخط على استقامته ليقطع تدريج (SN-structural Number) في نقطة معينة فتكون قيم (SN-structural Number) كما يلي :

(SN1-structural Number) = 2.65.

(SN2-structural Number) = 2.9.

(SN3-structural Number) = 3.3.

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

SN_1 = 3 (from enter CBR for base course in chart)

SN_2 = 3.4 (from enter CBR for sub base course in chart)

SN3 = 3.9 (from enter CBR sub grade in chart)

٣. ويتم الحصول على قيم(a1,a2,a3) من الجداول:

جدول (9-٧): معامل الطبقة (layer coefficient) الإسفلت

Case of Pavement	a1 suggested
Road mix (low stability)	**0.20**
Plant mix (high stability)	**0.44**
Sand Asphalt	**0.40**

جدول (9- ٨) : معامل الطبقة **(layer coefficient)** لليسكورس

Case of base course	a2 suggested
sandy gravel	**0.07**
Crushed stone	**0.14**
Cement- treated (650psi or more)	**0.23**
Cement- treated (400-650psi)	**0.20**
Cement- treated (400psi or less)	**0.15**
Coarse- graded bituminous-treated	**0.34**
Sand asphalt	**0.30**
Lime –treated	**0.15-0.30**

ونوع المادة في هذه الطريق موجودة في جدول(9-6)ومن الجداول السابقة نجد أن :

- a1 = 0.75، a2 = 0.14، a3=.11

يتم حساب سمك الطبقة الأولى(الاسفلت) كما يلي :

SN1 = a1 D1 → 3 = 0.75·D1 → D1 = 4 in = 4·2.54 = 10.16 cm. Take (D1 = 10cm).

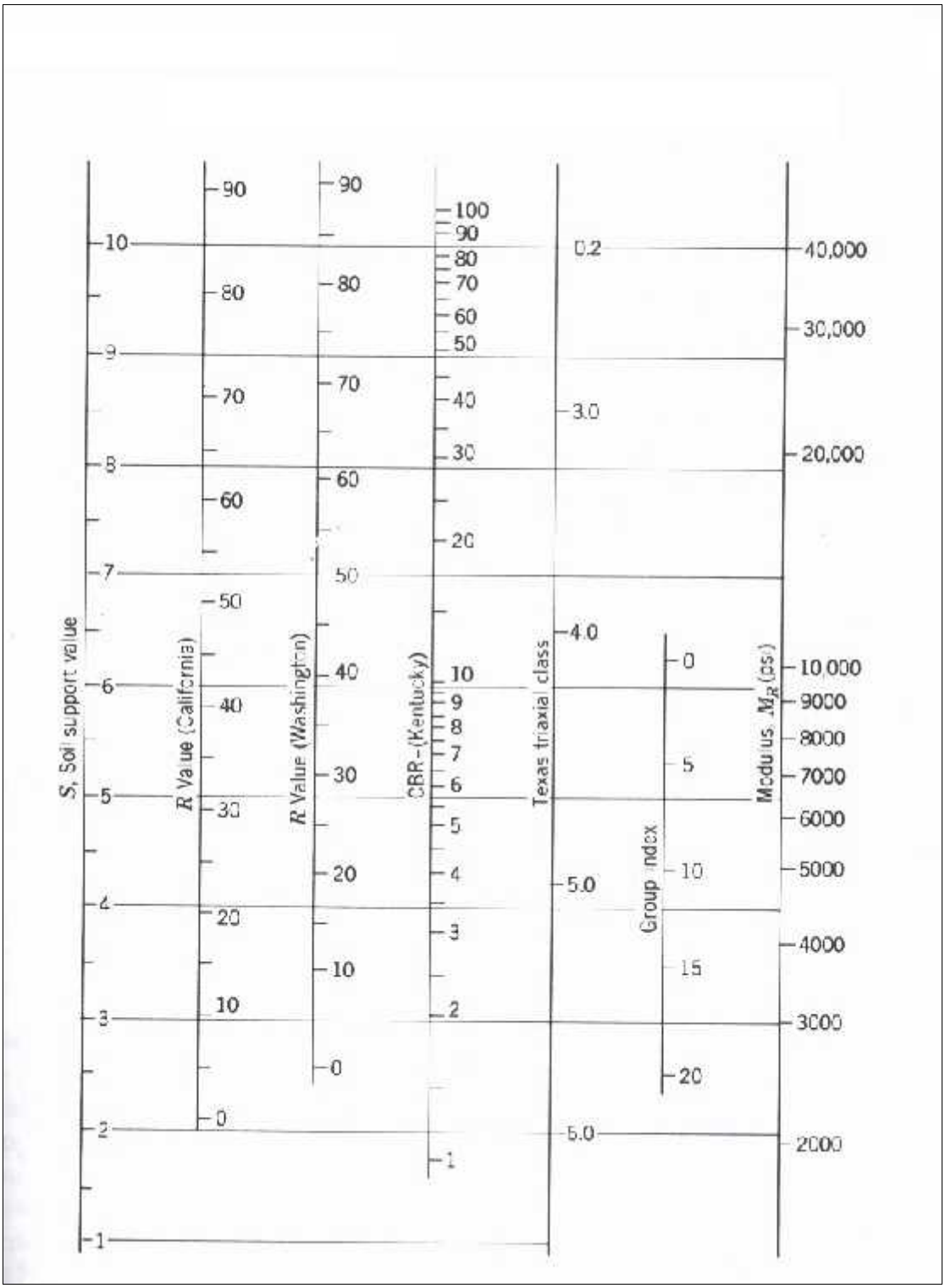
SN1 = (10/2.54)×0.75 =2.95in

سمك الطبقة الثانية(base course) :

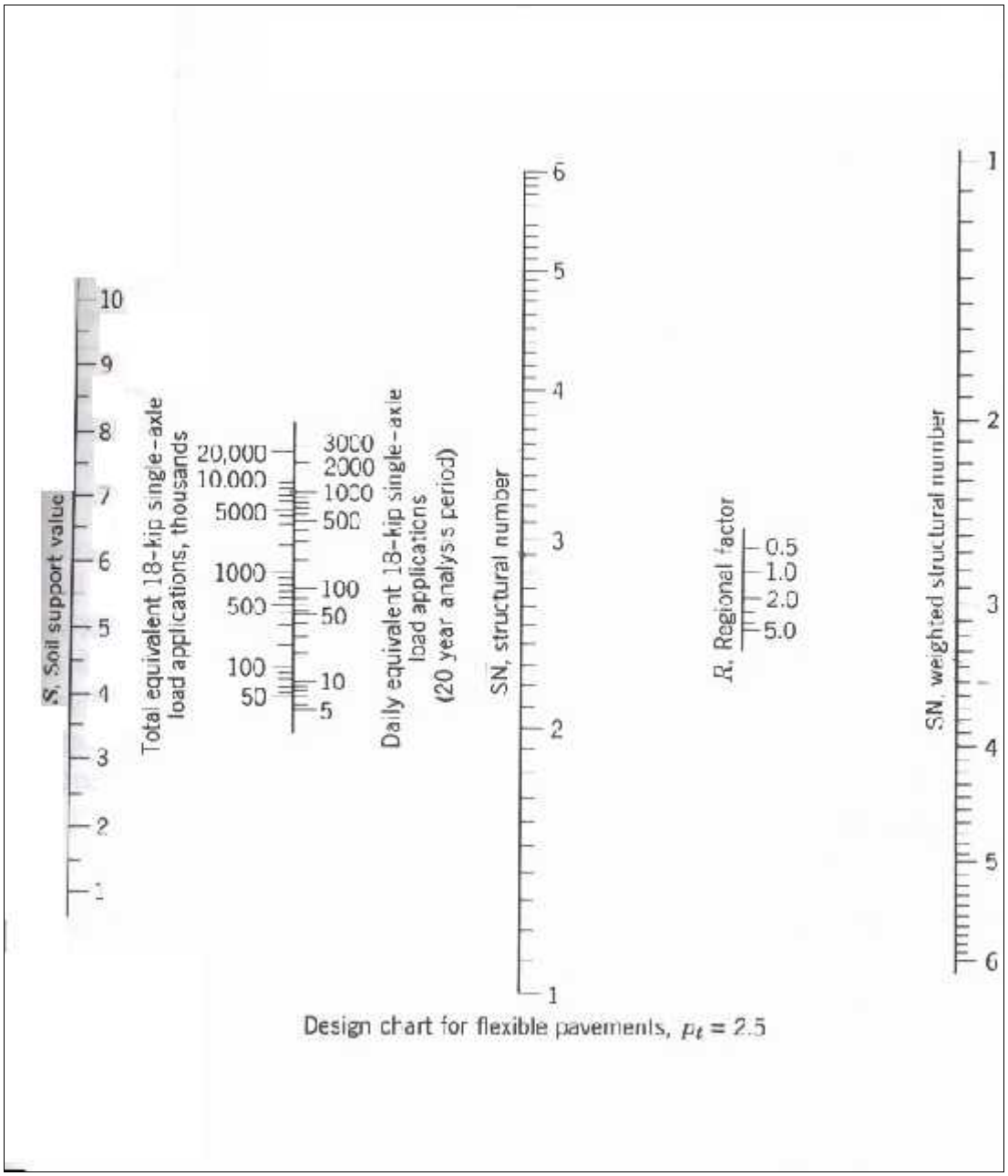
- SN2 = SN1 + a1 D1 → 2.95= 2.25 + 0.14*D2
- → D2 = 5 in = 5*2.54 = 12.7 cm,D=١٥cm .

سمك الطبقة الثالثة (sub base):SN3 = SN2 + a3 D3 → 3.9 = 3.58 + 0.11·D3

→ D3 = 2.91 in = 2.91·2.54 = 7.39 cm→ Take (D3 = 10 cm)



شكل (9-٢): إيجاد (S-soil support value)



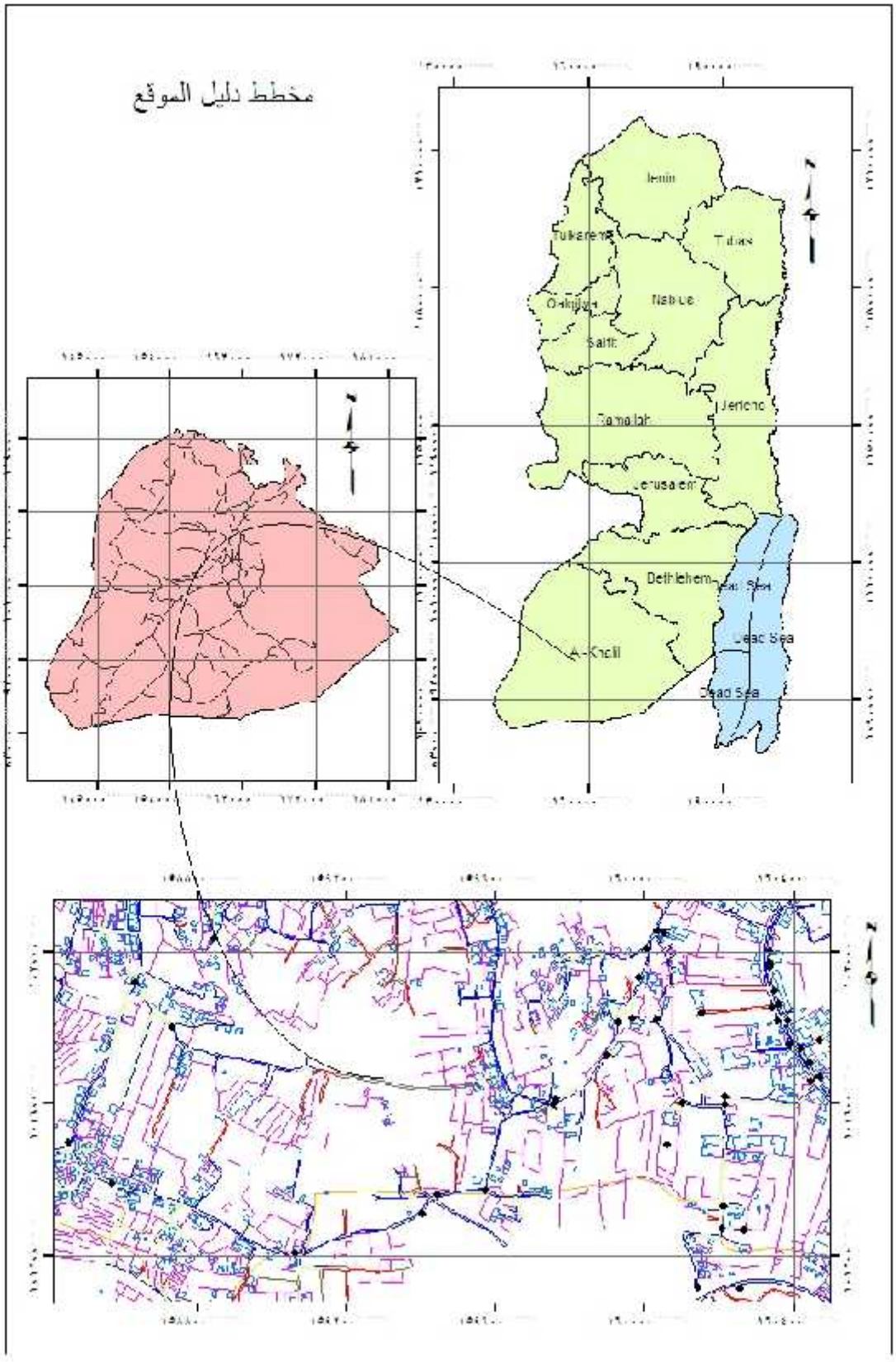
Design chart for flexible pavements, $p_t = 2.5$

شكل (٩-٣) (AASHTO flexible-pavement design)

الملاحق (Appendix)

- الملحق رقم (١) منطقة الدراسة
- الملحق رقم (٢) الجدول الزمني
- الملحق رقم (٣) المصادر والمراجع

- الملحق رقم (١):- منطقة الدراسة



- **الملحق رقم (٢):- الجدول الزمني**

النشط / الأسبوع	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	الحادي عشر	الثاني عشر	الثالث عشر	الرابع عشر	الخامس عشر	السادس عشر
جمع المعلومات	■	■	■	■	■	■										
المساحة الاستطلاعية						■										
العمل الميداني						■	■	■	■	■						
الرسم بالكمبيوتر											■					
تجهيز التقرير الأولي												■				
تجهيز التقرير النهائي وطباعته													■	■		

الجدول الزمني لمقدمة المشروع

النشط / الأسبوع	الأول	الثاني	الثالث	الرابع	الخامس	السادس	السابع	الثامن	التاسع	العاشر	الحادي عشر	الثاني عشر	الثالث عشر	الرابع عشر	الخامس عشر	السادس عشر
جمع المعلومات	■															
العمل الميداني		■	■													
الرسم بالكمبيوتر				■	■	■										
التصميم ألافقي للطريق							■	■								
التصميم الرأسي + إشارات مرور							■	■	■							
حساب الكميات + الإنارة									■	■	■					
الفحوصات والمسابات الإنشائية										■	■	■	■			
تصميم خط المياه وشبكة الصرف الصحي													■	■		
تجهيز التقرير النهائي وطباعته															■	

جدول يبين فعاليات المشروع

- الملحق رقم (٣):- المصادر والمراجع:-

١- روحي الشريف، البسيط في تصميم وإنشاء الطرق، الجزء الأول، عمان، الأردن، ١٩٨١.

٢- يوسف صيام، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان، الأردن، ١٩٧٨.

٣- يوسف صيام وآخرون، تغطية مساحية للطرق، دار مجدلاوي للنشر- عمان ١٩٩٩م

٤- محمد علي علي فرج، الصرف الصحي ومعالجة المخلفات السائلة، القاهرة، مصر، ٢٠٠٠.

٥- الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج، شبكات المياه والصرف الصحي، المملكة العربية السعودية.

٦- www.momra.gov/sa.

الفصل السابع

حساب المساحات والحجوم

1-7 المساحات:

إن حساب المساحات سواء كانت في المستوى الأفقي أو في المستوى الراسي يعد من أهم الأعمال المساحية في هندسة الطرق، وذلك من اجل حساب الكميات للحفر والردم بين مقطعين بالأول ومن ثم حساب كميات الحفر والردم لكل المشروع.

هناك مجموعة من الطرق التي يتم من خلالها حساب مساحة المقاطع العرضية منها :

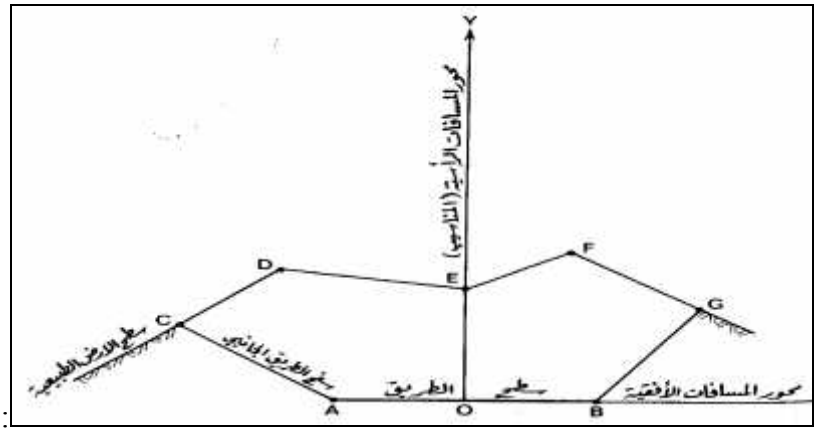
١- طريقة الإحداثيات.

٢- طريقة تقسيم المقطع إلى أشكال هندسية منتظمة.

1-1-7 طريقة الإحداثيات:

وهي الطريقة التي تم استخدامها 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.

لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل التالي



الشكل (7-١) مقطع عرضي

يتم اختيار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة O حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات يمثل مناسيب النقاط (أي أعماق الحفر و الردم) و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط C,D,E,F,G و بمعرفة عرض الطريق AB الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع 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 (7-1): 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 يتم ضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متصل، وتجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب مساويا $\sum 1$ ، وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل سهم ونجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب مساويا $\sum 2$.

- لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{\left|\sum 1 - \sum 2\right|}{2} \quad \text{.....7.1}$$

- **ملاحظات:**

- 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.

2-7 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.

1-2-7 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي:

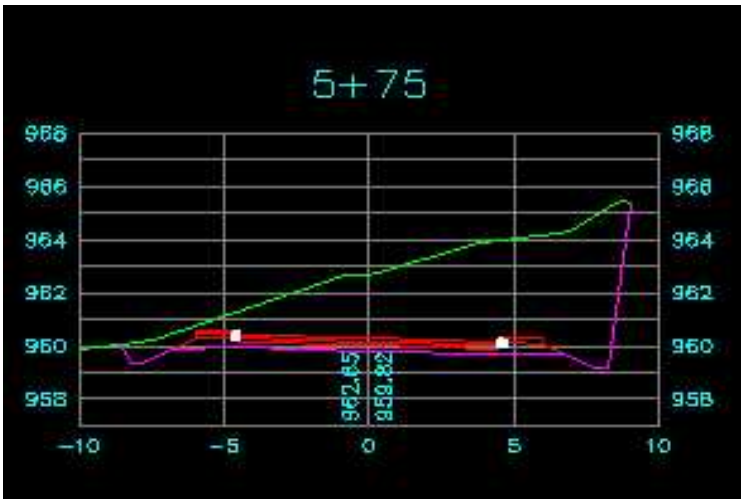
هذه الطريقة تتطلب أن يكون ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين متتاليين، ولذلك قمنا بأخذ مقاطع عرضية عند كل تغير رأسي في سطح الأرض المكونة للطريق، مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات الأفقية في الطريق، في هذه الطريقة يتم اخذ معدل مساحتي هذين المقطعين وتضرب في المسافة بين كل مقطعين.

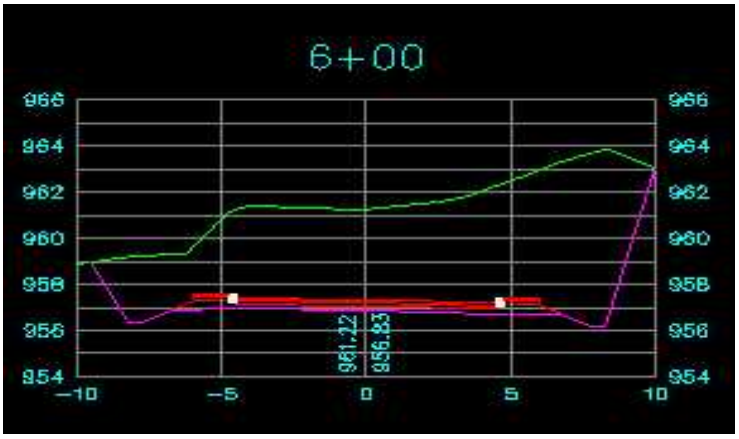
❖ **الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين المتتاليين:**

1-1-2-7 المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل أو ردم كامل:

إن 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:

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \text{..... ..... .7.2}$$





الشكل (7-٢): المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل

- المسافة بين المقطعين = ٢٥ مترا
- مساحة الحفر في المقطع الأول (Station 5+75) (A1)=50.22 m²
- مساحة الحفر في المقطع الثاني (Station 6+00) (A2) = ٨٥.٨٧ m^2

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

$$V = 25\left(\frac{50.22 + 85.87}{2}\right)$$

$$V = ١٧٠١.١٢٥ m^3$$

2-1-2-7 المقطع الأول حفر والأخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

❖ الردم حسب القانون التالي:

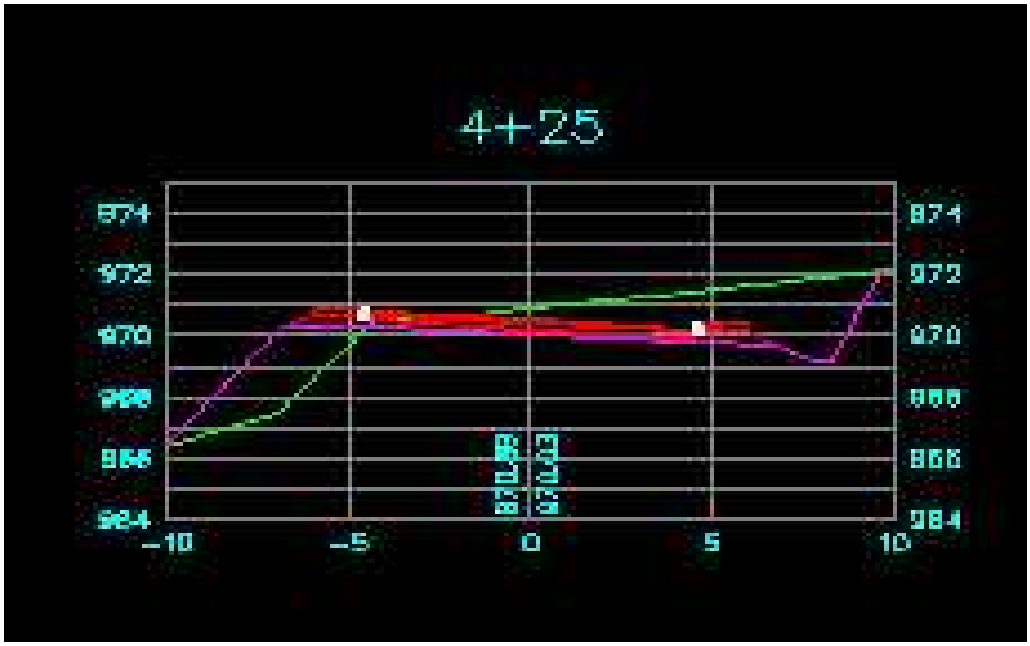
$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D) \text{.....7.3}$$

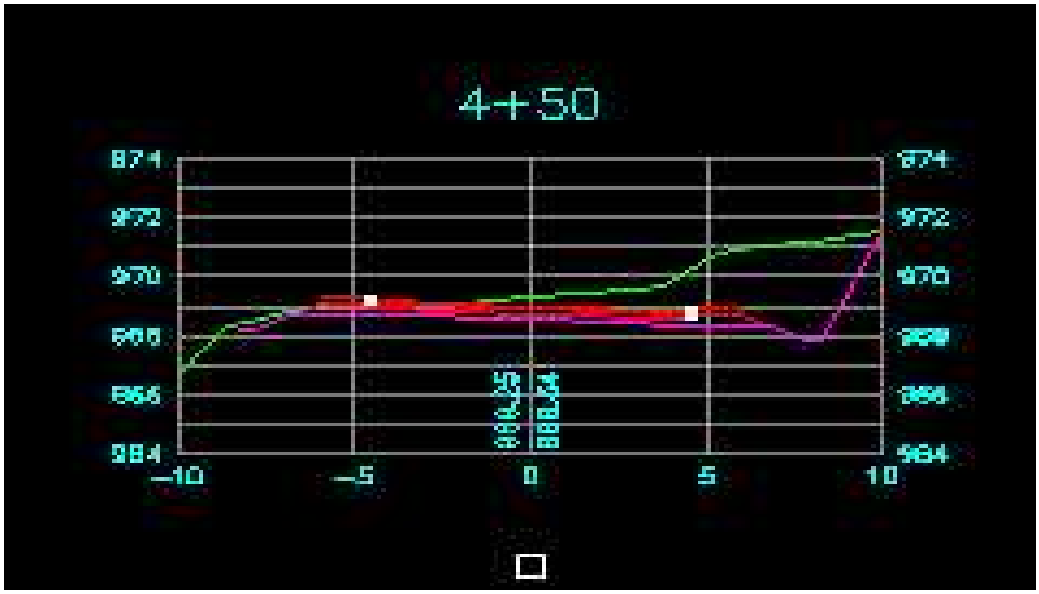
❖ أما الحفر فعلى القانون التالي:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \text{.....74}$$

حيث:

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





الشكل (7-3): المقطع الأول مختلط والآخر حفر

- مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 4+25) (F_{i+1}) = ٧.٤٥ m^2.
- مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 4+25) (C_{i+1}) = 17.53m^2
- مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي (Station 4+50) (C_i) = 21.15m^2
- المسافة بين المقطعين (D) = 25

❖ حجم الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(7.45)\times(25)$$

$$V_{fill} = 62.083m^3$$

❖ أما الحفر:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(21.15+17.53)\times(25)$$

$$V_{cutl} = 483.50m^3$$

3-1-2-7 المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

❖ الحفر حسب القانون التالي:

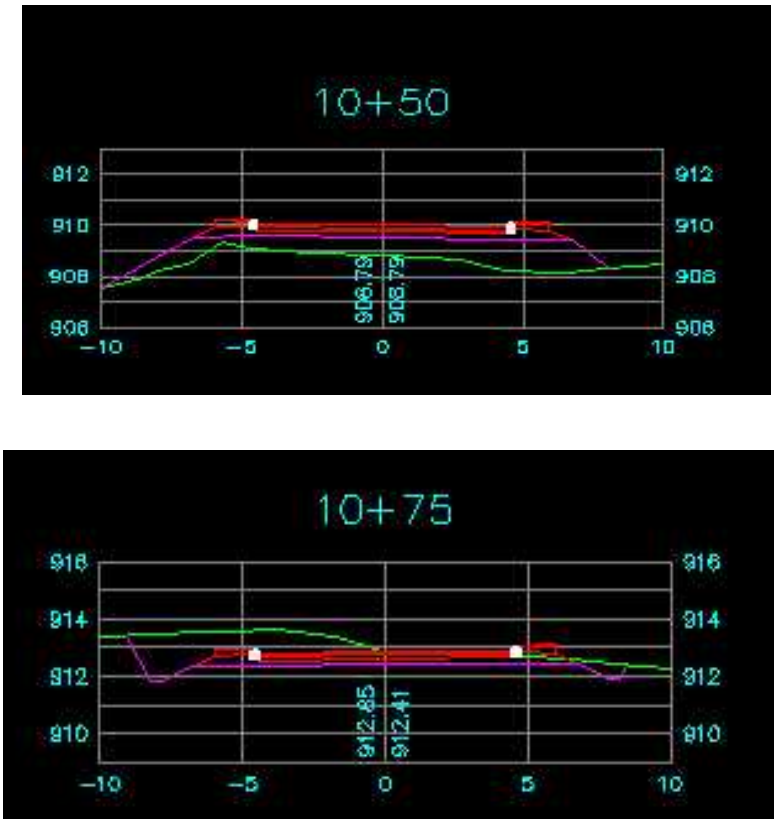
$$V_{cut} = \frac{1}{3}(C_i)\times(D).....7.5$$

❖ أما الردم فعلى القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \text{.....7.6}$$

حيث:

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



الشكل (٧-٤): المقطع الأول مختلط والثاني ردم

- مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 10+75) $(F_i) = 5.22\ m^2$
- مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 10+75) $(C_i) = 25.32 m^2$
- مساحة الردم في مقطع الردم الكامل(Station 10+50) $(F_{i+1}) = 88.98 m^2$
- (D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 25 m

❖ الحفر:

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(25.32) \times (25) = 211 m^3$$

❖ أما الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(5.22 + 88.98) \times (25) = 1177.5m^3$$

4-1-2-7 المقاطع مختلطة:

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

❖ الحفر حسب القانون التالي:

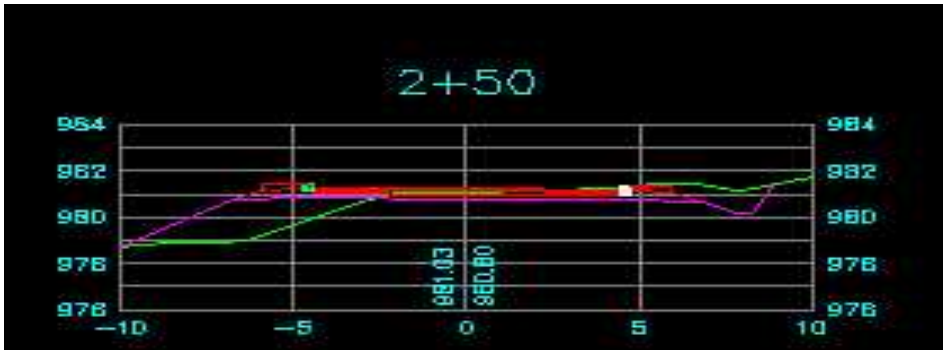
$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....7.7}$$

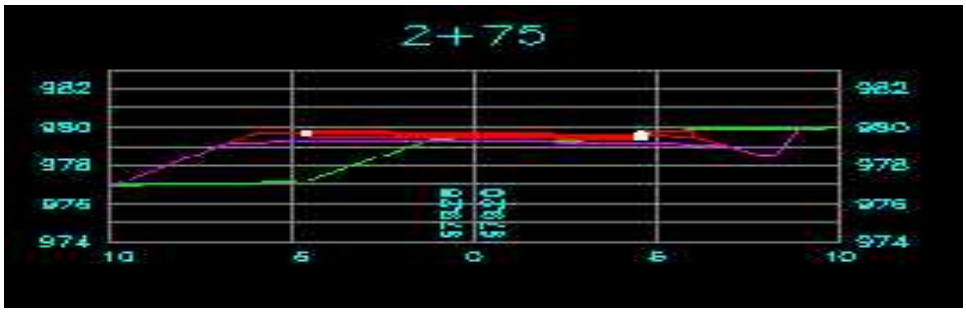
❖ أما الردم فعلى القانون التالي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....7.8}$$

حيث:

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





الشكل (٧-٥): المقطعان مختلطان

- مساحة الردم في المقطع المختلط الأول (Station 2+50) (F_i) = 6.81 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول (Station 2+50) (C_i) = 5.54m^2
- مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني (Station 2+75) (F_{i+1}) = 11.45 m^2
- مساحة الحفر في المقطع المختلط الثاني (Station 2+75) (C_{i+1}) = 4.62m^2

(D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 25 m

وعليه فأن

❖ الحفر يساوي :

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(5.54 + (4.62)) \times (25) = 127m^3$$

❖ أما الردم فيساوي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(6.81 + 11.45) \times (25) = 228.25m^3$$

❖ وبنفس الطريقة تم إيجاد باقي المساحات والحجوم كما في الجدول التالي:

الجدول (٧-٢) كميات الحفر والردم للشارع

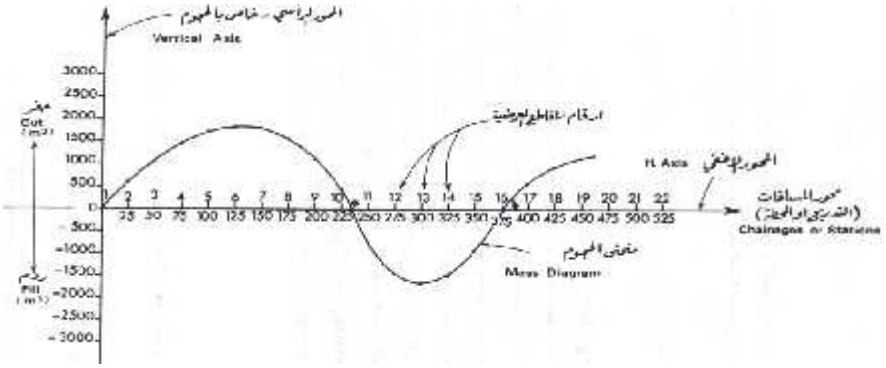
Station	cut area (m2)	fill area (m2)
0+25	8.23	2.25
0+50	15.52	0.22
0+75	12.06	0.00
1+00	6.47	3.61
1+25	6.57	9.63
1+50	12.76	1.75
1+75	20.98	3.26
2+00	22.31	1.28
2+25	21.79	0.00
2+50	5.54	6.81
2+75	4.62	11.45

3+00	2.64	13.48
3+25	4.44	11.40
3+50	4.62	25.95
3+75	7.84	10.65
4+00	11.19	15.56
4+25	17.53	7.45
4+50	21.15	0.00
4+75	35.91	0.54
5+00	22.75	1.24
5+25	28.11	0.00
5+50	26.46	0.16
5+75	50.22	0.00
6+00	85.87	0.00
6+25	105.67	0.00
6+50	110.25	0.00
6+75	182.71	0.00
7+00	177.75	0.00
7+25	143.70	0.00
7+50	129.77	0.00
7+75	109.32	0.00
8+00	71.96	0.00
8+25	88.03	119.84
8+50	0.00	72.53
8+75	0.00	84.19
9+00	0.00	65.24
9+25	100.56	142.87
9+50	0.00	75.93
9+75	100.22	126.80
10+00	0.00	125.83
10+25	0.00	112.35
10+50	0.00	88.98
10+75	25.32	5.22
11+00	20.92	0.00
11+25	3.54	21.37
11+50	0.00	75.91
11+75	0.00	5.28
12+00	5.67	2.35
12+25	22.58	3.12

5-1-2-7 التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم:

منحنى الحجوم هو عبارة عن تمثيل بياني لكميات الحفر والردم اللازمة لمشروع ما، لعمل هذا المنحنى نرسم خطا أفقيا مستقيما (محور السينات)، ونحدد عليه بمقياس مناسب مواقع المقاطع العرضية المتتالية والمتباعدة عن بعضها بمسافات معلومة مبتدئين بالمقطع الخاص بنقطة بداية المشروع، عند كل نقطة ممثلة لموقع مقطع عرضي معين نقيم عمودا وفق مقياس معين، يمثل المجموع الجبري لكميات الحفر والردم حتى ذلك المقطع، وذلك على أساس اعتبار أن الحفر موجبا والردم سالبا، (m يساوي (m^3 1475+))، وبما إنه موجب فهذا يعني أن كميات الحفر تفوق كميات الردم بنفس هذا المقدار ولغاية هذا المقطع .

ومن الشكل التالي نلاحظ أن كميات الحفر تتعادل مع كميات الردم عند النقطتين (a and b)، اللتين تبعدان عن نقطة بداية المشروع (235 and 378 m) على التوالي، كما نلاحظ من الشكل، أن المجموع الجبري لكميات الحفر والردم من نقطة بداية المشروع حتى المقطع رقم 15 ذي التدرج (Chainage 350 m) يساوي ($-925m^3$)، وبما أنه سالب فهذا يدل على أن كميات الردم تفوق كميات الحفر بنفس هذا المقدار.



الشكل (٦-٧) التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم

6-1-2-7 خواص منحنى الحجوم:

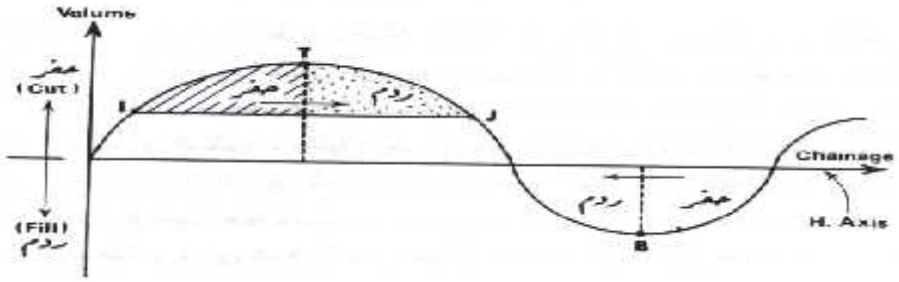
١- الميل الموجب للمنحنى يدل على تزايد كميات الحفر أو التناقص في كميات الردم، والميل السالب يدل على تزايد كميات الردم أو تناقص كميات الحفر، بمعنى آخر، الجزء الصاعد من منحنى الحجوم يشير إلى منطقة حفر والجزء الهابط يشير إلى منطقة ردم.

٢- عندما نصل إلى أعلى نقطة من المنحنى تتوقف كميات الحفر عن التزايد، وتبدأ كميات الردم بالتزايد وعندما نصل إلى أخفض نقطة من المنحنى تتوقف كميات الردم عن التزايد وتبدأ كميات الحفر بالتزايد.

٣- قيمة الإحداثي الصادي (المجموع الجبري للحفر والردم)، عند أي نقطة من المنحنى تمثل مقدار الفرق بين كميات الحفر والردم حتى تلك النقطة، فإن كان هذا الإحداثي موجبا، فهذا يدل على أن كميات الحفر تفوق كميات الردم حتى تلك النقطة بنفس القيمة العددية للإحداثي الصادي، أما إذا كان الإحداثي الصادي سالبا، فتكون كميات الردم أكبر من كميات الحفر بنفس القيمة العددية للإحداثي الصادي ولغاية هذه النقطة.

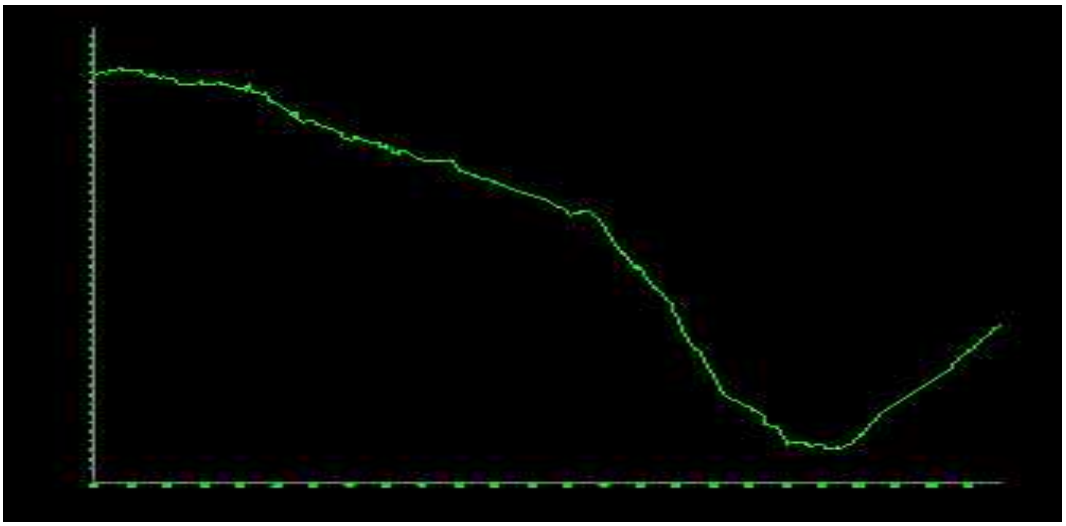
٤- الفرق بين الإحداثيين الصاديين لنقطتين على منحنى الحجوم يمثل كمية الحفر أو الردم الواقعة بين هاتين النقطتين من المشروع شريطة أن يكون المنحنى بين هاتين النقطتين صاعدا أو هابطا دون انقطاع.

٥- يطلق على أي خط أفقي يقطع منحنى الحجوم في نقطتين بخط التعادل . كما يطلق على الجزء المحصور بين خط التعادل ومنحنى الحجوم بقطاع التعادل. يكون حجم التربة المحصور بين خط تعادل ما ومنحنى الحجوم موزعا بحيث أن حجم الردم يساوي حجم الحفر، كما في الشكل التالي، النقطة(T) تمثل أعلى نقطة على المنحنى، والخط (I J) يمثل خط تعادل و القطاع (ITJ) يمثل قطاع تعادل كما في الشكل.



الشكل (٧-٧): خط التعادل على منحنى الحجوم

إن مساحة أي قطاع تعادل تمثل عزم النقل اللازم لتوزيع التربة ما بين طرفي خط التعادل لهذا القطاع، يكافئ عزم النقل هذا مجموع حاصل ضرب حجوم الحفريات الفردية في مسافات النقل اللازمة لها في مسافات النقل اللازمة لها، والشكل التالي يظهر منحنى الحجوم للشارع.



الشكل (٧-٨): منحنى الحجوم للشارع

مخطط دليل الموقع