بسم الله الرحمن الرحيم

جـامعة بوليتكنك فلسطين
كلية الهندسة والتكنولوجيا
دائرة الهندسة المدنية والمعمارية
هندسة المساحة والجيوماتكس

(تصميم طريق وادي الظل الواصل بين حلحول و خاراس)

فريق العمل:

سوسن الجعبري شادي كرجة

محمد المصري

المشرف :

م. مصعب شاهين

2009

بسم الله الرحمن الرحيم

(تصميم طريق وادي الظل الواصل بين حلحول وخاراس)

إعداد:

سوسن الجعبري شادي كرجة

محمد المصري

إشراف:

م. مصعب شاهين

تقرير مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا
جامعة بوليتكنيك فلسطين للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على
درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص هندسة المساحة والجيوماتكس

جامعة بوليتكنيك فلسطين
الخليل- فلسطين

٢٠٠٩

شهادة تقييم مشروع التخرج

جـــامعـة بولـيتكنـك فلسـطـيـن
كـلـيـة الهندسـة والتكنـولـوجـيـــا
دائرة الهندسة المدنية والمعمارية
هندسـة المساحـة والجيومـاتـكـس

مشروع تخرج بعنوان

(تصميم طريق وادي الظل الواصل بين حلحول و خاراس)

إعداد:

سوسن الجعبري شادي كرجة
محمد المصري

بناء على نظام كلية الهندسة والتكنولوجيا و إشراف ومتابعة المهندس مصعب شاهين المشرف على المشروع، وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة، تم تقديم هذا المشروع إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس في تخصص هندسة المساحة والجيوماتكس.

توقيع مشرف المشروع ..... توقع رئيس الدائرة .....

2009

الإهداء

إليك يا وطني الحبيب فلسطين..

إليكم يا أسرانا البواسل الصامدين في سجون الإحتلال..

إليك يا من قدمت عمرك لي هدية..
إليك يا من يتدفق قلبك حباً ورقة وحنية..
إلى حنانك ورقة قلبك..
إليك يا أمي..

إلى عيونك التي سهرت لأرتاح..
إلى من روحك هي ملهمتي وسر هذا النجاح..
إليك يا أبي..

إليكم إخواني وأخواتي

الذين عهدتكم أهل الثغور الباسمات..

إليكم أحبائي وأصدقائي

الذين سرتم بدربي تدفعونني للثبات..

إليك جامعتي وإليكم أساتذتي..

الشكر والتقدير

امتنعت الكلمات عن التعبير.. ورق القلم أن يسير.. ولكن أبى القلب إلا أن يبوح بما يخالجه من مشاعر تفيض شكراً وامتناناً وثناءً..

الحمد لله رب العالمين..
نشكر الله العلي القدير الذي وفقنا في مشروعنا هذا من ألفه إلى يائه..

شكرا جامعتي جامعة بوليتكنك فلسطين..
شكرا أساتذتي الفاضلين..

كما نخص مشرفنا المهندس مصعب شاهين بالشكر الجزيل لما أبداه من تعاون في الإشراف على هذا المشروع والمساهمة في نجاحه..

أيضا نتوجه بالشكر لكل من المهندس نائل قفيشة والمهندس عمار الجعبري لما قدماه لنا من مساعدة لإنجاز هذا المشروع..

كما نتوجه ببالغ الشكر و التقدير إلى جميع مدرسي قسم هندسة المساحة و الجيوماتكس.

وشكرا لكل من ساعدنا و مدّ لنا يد العون في إنجاز هذا المشروع.

(تصميم طريق **وادي الظل** الواصل بين حلحول وخاراس)

فريق العمل:

سوسن الجعبري شادي كرجه

محمد المصري

إشراف:

م. مصعب شاهين

جامعة بوليتكنك فلسطين _ ٢٠٠٩

الملخص:

تعددت المشاريع الهندسية واختلفت باختلاف حاجة الإنسان ، فهناك المشاريع العمرانية، ومشاريع البنية التحتية والتي تشمل الطرق والصرف الصحي ، وبعد الاطلاع على واقعنا الفلسطيني وجدنا بأن هناك حاجة ماسة إلى تصميم بعض الطرق داخل محافظة الخليل ، ومن احد الطرق التي تحتاج إلى تصميم هي طريق وادي الظل الذي يربط بين منطقتي حلحول وخاراس ، وتم اختيار هذا الطريق بناء على رغبة من بلدية حلحول .

يتكون المشروع من جزئين : عمل ميداني وعمل مكتبي ، كما يحتوي على عدت فصول نظريه وحسابية ، وكذلك عمل تصميم مثالي ونموذجي قدر الإمكان من حيث التصميم الأفقي (منحنيات أفقية بأنصاف أقطار مناسبة) وكذلك الأمر بالنسبة إلى التصميم الرأسي والمنحنيات الرأسية .

يحتاج المشروع إلى تصميم نظام جيد لتصريف المياه السطحية عن حرم الطريق من خلال عمل الأقنية والميول الجانبية وكذلك وضع االعبارات في الأماكن المناسبة .

Design Road of Wadi Al-Thel (Halhul – Kharas)

Project Team:

Mohammad Masri Sawsan Al-Jabari

Shadi Karajeh

Supervisor:

Eng. Mousaab Shaheen

Palestine Polytechnic University _ 2009

Abstract:

There were several engineering projects and varied human need, there are construction projects and infrastructure projects, including roads, sanitation, access to and after the Palestinian reality, we found that there is an urgent need for the design of certain roads within the district of Hebron, and one of the ways in which the design is needed through the valley of shadow connecting the regions of Halhoul, Kharas, was chosen this path, based on the desire of the municipality of Halhoul.

The project consists of two parts: field and office work, it also contains chapters on the theory and computational work, as well as the design of the ideal model and as much as possible in terms of design horizontal (horizontal curves over the half-appropriate) as well as to the vertical design and vertical curves.

Action will be a good system for the disposal of surface water on the campus of the way through the work of the side channels and orientation as well as the development side Aalabarat in the appropriate places, and will be provided in the design of intersections of citizens and vehicles on both.

الفصل الأول

1

المقدمة

١-١ مقدمة عامة.

٢-١ نبذة عن المشروع.

٣-١ أهمية المشروع.

٤-١ أهداف المشروع.

٥-١ موقع المشروع.

٦-١ طريقة العمل.

٧-١ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة.

٨-١ العوائق والصعوبات.

٩-١ الجدول الزمني .

10-١ هيكلية البحث .

11-١ الدراسات السابقة .

12-١ النتائج المتوقعة بعد إنهاء المشروع.

الفصل الأول

المقدمة

١-١ مقدمة عامة:

١-١-١ مدينة حلحول:

تقع بلدة حلحول على الكيلو متر 30 من طريق القدس - الخليل وعلى بعد 7 كم من شمال الخليل ، كما وتبعد نحو 25 كم عن البحر الميت و60 كم عن البحر المتوسط ويبلغ ارتفاعها 997م عن سطح البحر وهي بذلك تعد أعلى نقطة مسكونة في عموم فلسطين. تبلغ المساحة الإجمالية للمدينة 39 ألف دونم ، منها 9000 دونم للمدينة والباقي أراضي زراعية وخرب تابعة للمدينة.

و حسب دائرة الإحصاء المركزية بلغ عددسكان المدينة لعام 2008م 30 ألف نسمة موزعين على حلحول القديمة وحلحول الجديدة التي تعرف بأنها التمدد والنمو السكاني الطبيعي للمدينة القديمة حيث التوسع العمراني ذو الطابع الحديث في الهندسة والتخطيط.

يعتمد النشاط الاقتصادي في حلحول على الزراعة بالدرجة الأولى نتيجة توفر الأراضي الزراعية الخصبة والمناخ المعتدل وكثرة مصادر المياه، حيث يوجد فيها أكثر من 20 نبعاً لذا فمعظم سكانها يعملون بالزراعة ومن أهم مزروعاتها العنب والتين والبرقوق والمشمش والكرز والتفاح والخوخ والزيتون.

١-١-٢ بلدة خاراس:

تقع خاراس إلى الشمال الغربي من مدينة الخليل، وتبعد عنها حوالي 20 كم ، ترجع إلى العهد الروماني و سميت بهذا الاسم نسبة إلى دير فيها يسمى (ديرحراش) ، تبلغ مساحة أراضيها 6781 دونماً ، وتحيط بها أراضي قرى صوريف و حلحول ونوبا، قدر عدد سكانها عام 1996م بـ (3278) نسمة، كما يوجد في البلدة مسجد كبير و يوجد فيها خربتان أثريتان هما خربة المشرف وخربة عين داب.

١-٢ نبذة عن المشروع:

المشروع عبارة عن تصميم طريق وادي الظل الذي يربط بين حلحول وخارس والذي يقدر طوله بـ 7000م وعرضه بـ 14م لكن الجزء الذي سيتم تصميمه هو ١٣٠٠م.
يرجع سبب اختيار هذا الطريق الذي نحن بصدد تصميمه إلى الزيادة السكانية والتوسع العمراني في مدينة حلحول منطقة واد الظل وزيادة توجه الناس والمركبات بشكل كثيف إلى تلك المنطقة لعدة أسباب ومنها توفر الأراضي الزراعية في تلك المنطقة وأيضا وجود المنتزهات مثل منتزه بلدية حلحول ، وعليه سنقوم بدراسة ومسح للمنطقة الموجودة فيها الطريق وعمل تصميم هندسي وإنشائي للطريق الواصلة بين مدينة حلحول ومنطقة خارس.
سيتم في هذا المشروع القيام بكافة الأعمال المساحية اللازمة للتعرف على مسار الطريق وطبيعة التضاريس وذلك بعمل مسح أولي للمنطقة وبعد إجراء كافة الدراسات سنقوم بتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية وعمل مقطع عرضي ومقطع طولي للطريق ومن ثم سيتم إجراء كافة الحسابات اللازمة لإنشاء الطريق.
في النهاية سيتم عمل تحليل إنشائي لهذه الطريق لمعرفة كميات الرصف وسمكها وعمل جدول بالتكاليف اللازمة لتنفيذ المشروع وإضافة مقترحات لتحسين الطريق .

١-٣ أهمية المشروع:

تكمن أهمية المشروع في خدمة الناس والمزارعين فهي تخدمهم من خلال توفير الوقت والجهد والمال، فمن خلال دراسة المخطط الهيكلي للمنطقة تبين أن المنطقة المختارة سوف تلحظ خلال السنين القليلة القادمة ازدهارا كبيرا من الناحية العمرانية فكان من الضروري إنجاز هذا المشروع، ومن الناحية الاقتصادية سوف تمكن الناس من الوصول إلى المناطق المجاورة والبعيدة وتمكنهم من نقل بضائعهم بأقل تكلفة وأقل وقت وستعمل على إنعاش الأراضي المحيطة بالطريق المقترحة، كما تكمن أهمية الطريق كونها إحدى الطرق الموصلة إلى منطقة خارس.

١-٤ أهداف المشروع:

يهدف المشروع بشكل رئيسي إلى عمل تصميم تفصيلي للطريق حيث يتضمن هذا التصميم ما يلي:

أ- التصميم الهندسي ويشمل التخطيط الأفقي والرأسي بالإضافة إلى الأمور التالية:

- السرعة التصميمية للطريق.
- سطح الطريق المرصوف.
- الميول الجانبية.
- أكتاف الطريق.
- الأرصفة.
- الجزر الفاصلة والجبه.
- عرض المسرب.

ب- التصميم الإنشائي للطريق الذي يشمل مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى.

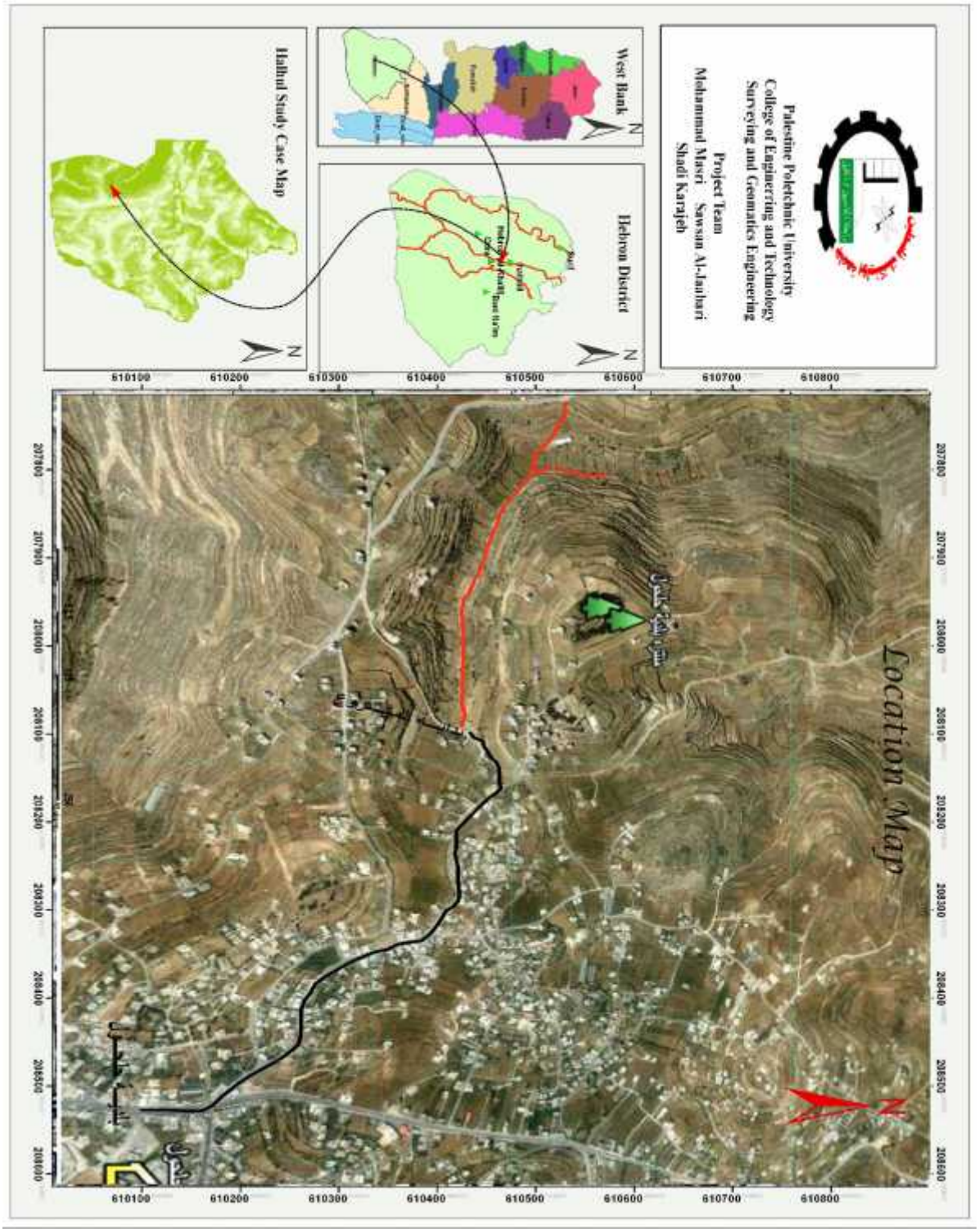
ج- وضع الإشارات المرورية للطريق.

كما ويهدف المشروع إلى:

- تأمين ربط مباشر بين حلحول وخاراس .
- تأمين بنية تحتية حديثة تخدم المنطقة لعقود قادمة.
- إيجاد استخدامات للأراضي المحيطة بالطريق حيث سيساهم إنشاء الطريق في إنعاش المنطقة.
- توفير الراحة للمواطنين وتسهيل تنقلهم.

١-٥ موقع المشروع:

الشكل التالي يوضح موقع الطريق المقترح تصميمه:



الشكل (١-١) موقع المشروع

١-٦ طريقة العمل:

حتى يتم إنجاز المشروع لابد من القيام بالمراحل التالية:

١. المرحلة الأولى:

جمع المعلومات وتتضمن هذه المرحلة:

- تحديد موضوع البحث والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية حلحول .
- زيارة بلدية حلحول وأخذ المخططات الهيكلية للمنطقة .
- جلب الصور الجوية لمنطقة وادي الظل من مختبر التصوير الجوي في جامعة بوليتكنك فلسطين.
- القيام بزيارة ميدانية (استطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من أجل الحصول على أفضل النتائج، و التقاط بعض الصور الفوتوغرافية للطريق.
- زيارة المكاتب الهندسية والاطلاع على كيفية تصميم الطرق.

٢. المرحلة الثانية:

التصميم الإبتدائي ويشمل :

- عمل تصميم مبدئي للطريق بالاعتماد على الخرائط الكنتورية (1: 5000) والتي حصلنا عليها كخرائط إلكترونية (Soft Copy) .
- استخدام صور الأقمار الصناعية حيث يمكننا و بواسطة استخدام بعض البرامج مثل برنامج نظم المعلومات الجغرافية (Arc GIS) وبرنامج (Autodesk Land Desktop) عمل مسارات بديلة لتحديد المسار الأفضل من حيث الاستخدام والتكلفة.
- القيام بزيارة لبلدية حلحول من أجل اعتماد عرض الطريق .

٣. **المرحلة الثالثة:**

الرفع المساحي، بعد الانتهاء من الدراسة الأولية لمنطقة المشروع والاطلاع على آلية التصميم الابتدائي كان لابد من القيام بالرفع المساحي ويتضمن:

- تنفيذ العمل الميداني والبدء بتحديد محطات الرصد على الطريق ومعرفة إحداثيات هذه المحطات عن طريق جهاز (GPS) وكانت هذه المحطات موزعه على الطريق بحيث تم وضح محطتين في بداية الطريق ومحطتين في نهاية الطريق .
- القيام بعملية المسح للطريق ورفع التفاصيل اللازمة باستخدام جهاز (Total Station) من أجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم، وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع (Traverse) ومعالجته من الأخطاء باستخدام (Least squares method) وذلك من أجل دقة العمل المساحي.

٤. **المرحلة الرابعة:**

التصميم النهائي (Final Design) ويتضمن :

- البدء بعملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة حسب المعطيات من العمل الميداني.
- التصميم الإنشائي للطريق والذي يشمل مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى.
- عمل المقاطع العرضية والطولية للطريق.
- حساب كميات الحفر والردم .
- وضع علامات المرور على الطريق مع مراعاة القوانين والأنظمة المتبعة في ذلك.
- تصميم شبكة صرف صحي للمنطقة.

١-٧ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة:

- Total Station.
- GPS.
- برنامج (Autodesk Land Desktop 2006).
- برنامج (Arc GIS).
- برنامج (Photoshop) .
- Sewer cad .

١-٨ العوائق والصعوبات:

١- طبيعة التضاريس في المنطقة مما أدى إلى صعوبة في العمل الميداني وصعوبة في التصميم.
٢- صعوبة الحصول على المعلومات من الجهات الرسمية أثناء جمع المعلومات.
٣- صعوبة الحصول على جهاز (Total Station) للبدء في عملية المسح الميداني، (ولكن تم الحصول عليه من خلال التعاون مع إدارة الجامعة).
٤- مرور الطريق من بعض الأراضي الزراعية .

١-٩ الجدول الزمني للمشروع :

الأسبوع / النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
اختيار المشروع و جمع المعلومات																
المساحة الاستطلاعية																
تحديد المسار المقترح للطريق																
العمل الميداني (رفع الطريق)																
الرسم باستخدام الكمبيوتر																
الفحوصات المخبرية																
الأسبوع / النشاط	١٧	١٨	١٩	٢٠	٢١	٢٢	٢٣	٢٤	٢٥	٢٦	٢٧	٢٨	٢٩	٣٠	٣١	٣٢
الحسابات الإنشائية																
التصميم باستخدام الكمبيوتر																
حساب الكميات																
تصميم الرصفة																
تجهيز التقرير الأولي																
تجهيز التقرير النهائي																
طباعة المشروع النهائي																

جدول (1-1) الجدول الزمني للمشروع

١-١٠ هيكلية البحث:

تم تقسيم البحث ليشتمل على عدة فصول كالتالي:

- الفصل الأول: **المقدمة** التي توضح موضوع البحث (تصميم طريق وادي **الظل**)، الأهمية، الأهداف، منطقة **المشروع**، طريقة **العمل**، الأجهزة المساحية والبرامج **المستخدمة**، العوائق والصعوبات، **الجدول الزمني**، هيكلية **البحث**، **الدراسات السابقة** وأخيرا النتائج المتوقعة.
- الفصل الثاني: **التصميم الابتدائي** حيث يتناول هذا الفصل كيفية عمل التصميم الابتدائي للطريق **بالاعتماد على جداول** (AASHTO) للتصميم.
- الفصل الثالث: **الأعمال المساحية** حيث يتناول هذا الفصل **الأعمال** المساحية للطريق وطريقة عمل المضلع وتصحيحه بطريقة Least Square method.
- الفصل الرابع : **التصميم النهائي** ويتناول التخطيط الأفقي والتخطيط الرأسي للطريق.
- الفصل الخامس : **التصميم الإنشائي للطريق** ويتناول **حجم المرور و مجموعة من الفحوصات** المخبرية **التي** تجرى للتعرف على طبيعة التربة وتحديد سماكة الطبقات.
- الفصل السادس : **تصريف مياه الأمطار** .
- الفصل السابع : **كميات الحفر والردم** ويتناول الأحجام (كميات الحفر والردم)، المقاطع العرضية والمقاطع الطولية.
- الفصل الثامن : **علامات و إشارات المرور** ويتناول هذا الفصل توضيح **لأنواع** علامات وإشارات المرور وأماكن استعمالها على الطريق مع مراعاة القوانين والأنظمة المتبعة في ذلك.
- الفصل التاسع : **النتائج والتوصيات** ويتحدث عن النتائج والتوصيات التي تم التوصل إليها بعد الانتهاء من تصميم الطريق.

١-١١ الدراسات السابقة:

بما أن جميع الطرق يمكن تطبيق القوانين المعروفة عليها، و بما أنها تحتوي على جميع العناصر التي يحتوي عيها أي طريق آخر في العالم، فإنه من الممكن اعتبار أي كتاب يتحدث عن تصميم الطرق و تخطيطها هو من الدراسات السابقة للطريق التي نعمل على إعادة تأهيلها في هذا المشروع.
و بعد اختيارنا للمشروع توجهنا إلى بلدية حلحول التي زودتنا بمسار الطريق المقترح إعادة تصميمه كما قمنا بالاطلاع على المخططات الهيكلية للمنطقة ومن ثم التعرف على المبادئ الأساسية والقوانين المتبعة في التخطيط والتصميم، وكان هناك أيضاً مهندسون من البلدية مستعدون للإجابة عن أي استفسارات.

١ – ١٢ النتائج المتوقعة بعد إنهاء المشروع:

١. تصميم المنحنيات الرأسية والأفقية.
٢. عمل تحليل إنشائي للطريق لمعرفة كميات الرصف وسمكها .
٣. عمل مقطع عرضي ومقطع طولي للطريق.
٤. حساب كميات الحفر والردم اللازمة لتوقيع الطريق.
٥. عمل جدول الكميات وتقدير تكلفة المشروع .

الفصل الثاني

٢

التصميم الابتدائي

٢-١ مقدمة.

٢-٢ تصنيف الطرق.

٢-٣ اعتبارات أساسية تحكم عملية التصميم.

٢-٤ أسس التصميم الهندسي.

٢-٥ مواصفات ومحددات التصميم.

٢-٦ التصميم الابتدائي لطريق وادي الظل.

٢-٧ عمل الطرق البديلة.

الفصل الثاني

التصميم الابتدائي

٢-١ مقدمة :

يعرف التصميم الهندسي للطريق على أنه عملية إيجاد الأبعاد الهندسية لكل طريق وترتيب العناصر المرئية للطريق مثل المسار ومسافات الرؤية و التوقف والتجاوز والعروض والانحدارات، كما يجب أن يفي التصميم بالأمور المتعلقة بالسلامة المرورية على الطريق.
في البداية يجب تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية حتى يمكن تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والأموال المتاحة، وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم بالمحاولة والخطأ أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها للتضاريس من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق.

٢-٢ تصنيف الطرق:

هناك أنواع متعددة وأسماء مختلفة من الطرق وقد توضع عدة أنظمة لتصنيفها حسب استعمالها وأهميتها وسعتها ونوعها واستيعابها كما يلي:

٢-٢-١ الطرق الرئيسية والثانوية والقروية والزراعية والصناعية والسياحية:

إن هذا التصنيف يتماشى مع استعمال الطريق، فالطريق الرئيسي هو الرابط بين المدن الكبرى ، والثانوي يصل بين المدن الصغرى في حين أن القروي يربط بين القرى والزراعي يوصل للمناطق الزراعية ويربط بينها والصناعي للمناطق الصناعية والسياحي يربط بين المناطق السياحية.

٢-٢-٢ تصنيف الطرق حسب عدد المسارب:

١- طرق بمسرب واحد:

هذا النوع في المناطق القروية والغير آهلة بالسكان.

٢- طرق ذات سربين:

وهي معظم أنواع الطرق بحيث يتراوح عرض السطح المسفلت 2.8 – 3.6 متر حسب أهمية الطريق، وهذا النوع مكون من مسربين أحدهما للسيارات الذاهبة وآخر للسيارات القادمة، لذلك فمن الضروري تحديد مسافة الرؤية والتي بدورها تعتمد على المسافة لتكون واضحة أمام السائق في المسرب الواحد ليتمكن من التجاوز.

وفي هذا النوع من الطرق يتطلب توفير مسرب إضافي في مناطق الصعود يسمى مسرب التسلق حيث تسير عليه الشاحنات التي لا تستطيع الصعود بسرعة كافية.

٣- طرق ذات الثلاثة مسارب:

وهي أوسع من ذات المسربين ويستخدم هذا النوع عندما يكون الطريق ذو المسربين غير كاف وهناك حاجة لطريق أوسع.

٤- الطريق ذات الأربعة مسارب:

تأخذ هذه الطريق أشكالا متعددة فقد يزداد عدد المسارب إلى ثلاثة أو أربعة مسارب حسب كثافة المرور على هذه المسارب حيث من الممكن أن يكون الطريق بالأصل ذو مسربين أو ثلاثة فيتم توسعته إلى أربع مسارب دون خسارتها أو تعطيل حركة المرور.

٣-٢-٢ طرق الدرجة الأولى والثانية والثالثة:

يتماشى هذا التصنيف مع مستوى الطريق وسعتها ومنحنياتها، فالطريق من الدرجة الأولى منحنياتها واسعة وعريضة وعرض مساربها كبير وانحداراتها قليلة وأكتافها عريضة، وسرعة المركبات عليها عالية.

أما الطريق من الدرجة الثانية فان السرعة عليها اقل من الأولى والمنحنيات أكثر حدة والانحدارات أكثر شدة، وبذلك كلما تحركنا إلى الدرجة الثالثة والرابعة ازدادت الانحدارات وقلت السعة وانخفضت السرعة وزادت المنحنيات.

٢-٢-٤ الطرق السريعة:

إن هذا التصنيف يتماشى مع سهولة أو صعوبة العبور والوصول إلى الطريق ومدى توفر مناطق العبور أو الوصل إليها.

فالطريق الرئيسية قد تكون سريعة فتسير المركبات عليها بسرعة عالية دون الحاجة لتخفيض السرعة، وبنفس الوقت فإن السيارات السريعة التي على الطريق لا تستطيع مغادرة الطريق في أي مكان تريده، حيث يتم تحديد مناطق الدخول والخروج للطريق من خلال مناطق محددة ومدروسة ، حيث يكون دخول المركبات فيها تدريجي دون تعرض السيارات المتواجدة على هذا الطريق لأي خطر ودون تخفيض السيارات الداخلة سرعتها، والسيارات المغادرة تستطيع الخروج تدريجيا دون تخفيض سرعتها أثناء تواجدها على هذا الطريق، وهذا يتطلب إنشاء تقاطعات تصمم خصيصا من ناحية العرض والمنحنيات بشكل لا يؤثر على سرعة المركبات ولا يعرقل من سيرها ولا يعرضها لأي خطر وارد.

٢-٣ اعتبارات أساسية تحكم عملية التصميم :

تحكم عملية التصميم لمسارات الطريق عدة اعتبارات أساسية منها:

- التجاوب مع الاحتياجات الحالية والانسجام والتكامل مع المتطلبات والمشاريع المستقبلية.
- الحاجة للطريق ومدى الاستفادة منها .
- تحقيق متطلبات الراحة والجمال بشكل يتكامل مع غايات الطريق الأساسية.
- تلبية الاحتياجات المرورية لاستعمالات الأراضي المجاورة الحالية منها والمستقبلية.
- تأمين السلامة العامة بأقصى درجة من الاعتبار في حالات السرعة والكثافة المرورية العالية.

٢-٤ أسس التصميم الهندسي:

تتوقف أسس التصميم على عوامل كثيرة منها:

٢-٤-١ حجم المرور (Traffic volume) :

يعتبر حجم المرور من الأمور الرئيسية التي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند تصميم الطريق بحيث يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا.

٢-٤-٢ تركيب المرور (Character of Traffic):

وهذا يتطلب تحديد نسبة عربات النقل والحافلات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

٢-٤-٣ السرعة التصميمية (Design speed):

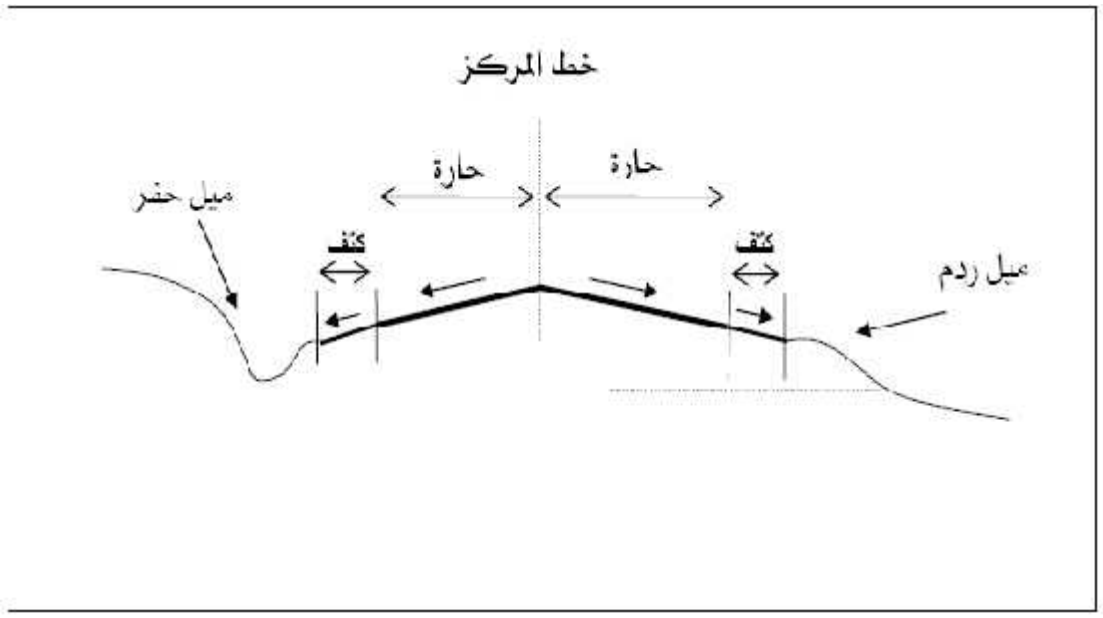
وتعتبر من الأسس الأساسية للتصميم بالإضافة إلى تركيب المرور وحجم المرور الساعي.

٢-٤-٤ عربات التصميم (Design Vehicles):

جميع الطرق تمر عليها سيارات خاصة وسيارات نقل ولذلك يجب معرفة خصائص هذه السيارات مثل الأبعاد الرئيسية والوزن والقدرة.

٢-٤-٥ قطاع الطريق:

يتوقف التصميم الهندسي للعناصر المختلفة لقطاع الطريق على أهمية الطريق ومدى الاستفادة من هذه الطريق، فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من العربات وبسرعات عالية تتطلب مواصفات تختلف عن تلك التي تتطلبها الطرق التي يمر عليها عدد قليل من المركبات وبسرعات منخفضة، وتشمل هذه المواصفات على عدد وعرض الحارات، حدة الانحدارات الطولية، درجة المنحنيات الأفقية وعرض الأكتاف وغيرها.
فالطرق الرئيسة مثلا تصمم لاستقطاب أحجام عالية من المرور بسرعات عالية فتتطلب إلى عدد كبير من الحارات العريضة وانحدارات طولية صغيرة ومنحنيات منبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة نسبيا، ويوضح الشكل (2-1) نموذج من مقطع عرضي لطريق من حارتين.



شكل (٢-١) مقطع عرضي لطريق من حارتين

٢-٤-٦ عرض الحارة (lane width):

الحارة هي الجزء المرصوف من الطريق والمخصص لسير صف واحد من العربات، ولها دور أساسي في تسهيل القيادة وجعلها آمنة، حيث يعتمد الموقف الذي يختاره السائق عند اجتيازه العربات الأقل سرعة منه أو عند مقابلته للعربات القادمة في اتجاهه على العرض المخصص للحارة الذي يسير عليها، ويتوقف تصميم عرض الحارة على أهمية الطريق وعلى السرعة التصميمية .

وتنقسم الطرق من حيث عدد الحارات إلى عدة أقسام، فهناك طرق بحارة واحدة كالطرق القروية التي تستوعب عددا محددا من المركبات فلا تحتاج لأكثر من حارة واحدة، وهناك طرق بحارتين واحدة للذهاب والأخرى للإياب وهي تشكل اغلب أنواع الطرق وتتطلب مسافة رؤية واضحة تمكن السائق من التجاوز بأمان، وهناك طرق بأكثر من حارتين (ثلاث أو أربع حارات) تستخدم في حالة السير المكثف والسرعات العالية للعربات.

٢-٤-٧ عرض حرم الطريق (Right Of Way Widths):

يجب أن يكون عرض حرم الطريق متسعا بما فيه الكفاية ليشمل جميع أجزاء القطاع بالإضافة إلى عرض إضافي، هذا العرض الإضافي يلزم لعدة استخدامات منها مسار للمشاة، مسار لمستلزمات المرافق، وضع العلامات الإرشادية، الإعلانات، شريحة خضراء أو تشجير بالإضافة إلى عرض قد يخصص مستقبلا للتوسع في عرض الطريق، وشراء هذه الأراضي عند إنشاء الطريق أفضل من نزع ملكياتها مستقبلا توفيرا للتعويضات وارتفاع ثمن الأراضي، والجدول التالي يوضح الأبعاد المقترحة حسب AASHTO لعرض حرم الطرق المختلفة وهي تتوقف على نوع الطريق كما هو مبين في الجدول رقم (٢-١).

نوع الطريق	حدود حرم الطريق (متر)
طريق من حارتين	36-22
طريق من ثلاث حارات	42-30
طريق من أربع حارات أو أكثر	93-27

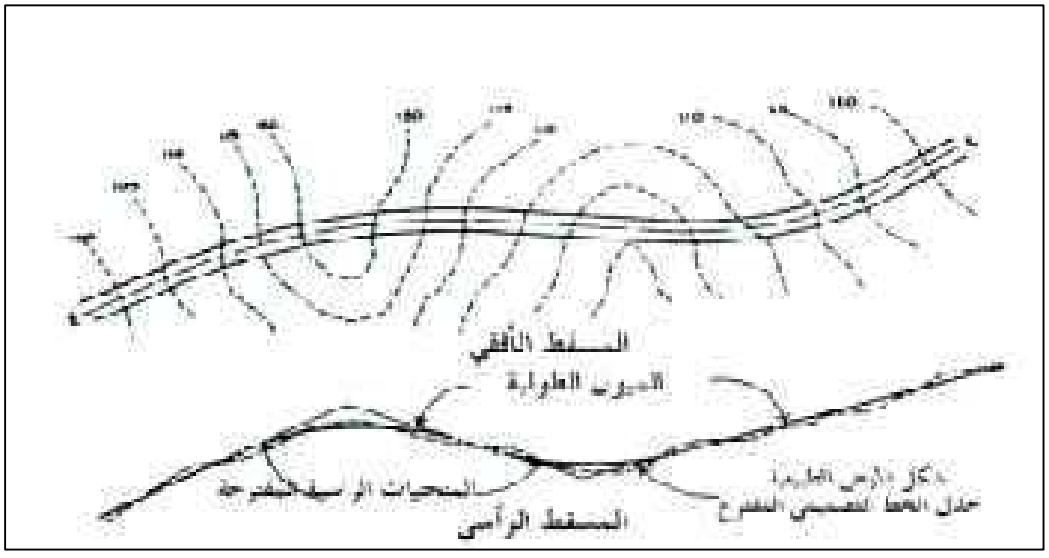
جدول (٢-١) حدود حرم الطريق

٢-٤-٨ الميول العرضية (Normal Cross Slopes):

يجب عمل الميول العرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق وذلك لتسهيل عملية صرف مياه الأمطار ويتراوح هذا الميل من 1.5 -2 % وقد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ وفي حالة وجود جزيرة فيعمل ميل خاص في كل اتجاه كما لو كان في حارتين.

٢-٤-٩ 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 بـ 0.3 متر على الأقل ، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف الأمطار .



شكل (2-2) الميول الطولية للطريق

٢-٤-١٠ 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 قليل 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. والجدول التالي يبين مقدار الميول الجانبية للطرق حسب نوع التربة.

نوع التربة	الميول الجانبية (أفقي: رأسي)
تربة عادية وتشمل الطين الجاف	1:1 – 1:2
تربة صخرية متماسكة	1:2 – 1:4
صخر طري	1:4 – 1:8
صخر متوسط	1:12 – 1:16
صخر صلد	رأسي تقريبا

جدول (2-2) الميول الجانبية للطرق حسب نوع التربة

٢-٤-١١ الأكتاف (Shoulders):

حيث تهيئ مكاناً لوقوف السيارات المعطلة في حالات الطوارئ، وتقوم بسند جانبي لطبقات الأساس والسطح المرصوف، كما أنها تعطي اتساعاً إضافياً لطريق المرور الضيق، حيث تمكن السائقين الذين يقابلون أو يتخطون عربات أخرى من قيادة عرباتهم فوق جزء من حافة الكتف.

يتراوح عرض الكتف من 1.25 كحد أدنى وإلى 3.6 كحد أقصى للطرق السريعة، وفي حالة الطرق التي يزيد فيها حجم المرور الساعي التصميمي عن 100 مركبة يتراوح عرض الكتف ما بين 2.5 إلى 3.6م .

٢-٤-١١-١ ملحقات الكف:

١- الأطاريف (البردورات):

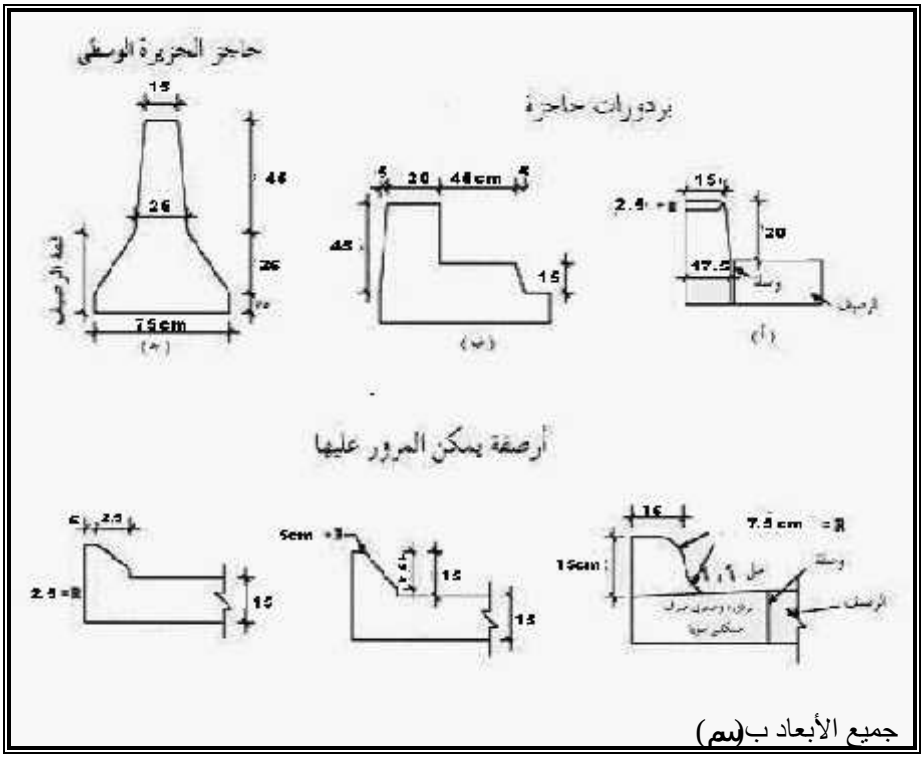
يتأثر السائقين كثيراً بنوع الأطاريف ومواقعها وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به، وتستخدم الأطاريف في تنظيم صرف المياه ولمنع السيارات من الخروج عن الرصيف في النقاط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصيف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق وتتميز البردورة في العرف بأنها بروز أو حافة قائمة وتبرز حاجتها في الطرق المارة بالمناطق السكنية، والأنواع الرئيسية للأطاريف هي :

- **الأطاريف الحاجزة:**

وهي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبياً، وهي مصممة لمنع السيارات من الخروج عن الرصيف ويتراوح ارتفاعها بين 15 إلى 50 سم تقريباً، ويجب مراعاة وضع البردورة الحاجزة على مسافة 50 إلى 60سم خارج الحد الخارجي لطريق السير.

- **الأطاريف الغاطسة:**

وهي مصممة بحيث يسهل على العربات اجتيازها دون ارتجاج عنيف أو اختلال في القيادة، ويتراوح الارتفاع من 10 إلى 15 سم، وميل الوجه فيها 1: 1 أو 2: 1، وتستعمل في الجزيرة الوسطي وفي الحافة الداخلية والأكتاف، كما تستعمل في تحديد الشكل الخارجي لجزر التقسيم القنواتي في التقاطعات. ويبين شكل (٢-٣) أنواع الأطاريف.



شكل (٢-٣) أنواع الأطاريف الخاصة بالطرق

٢-٤-١٢ الأرصفة (Sidewalks):

تعتبر أرصفة المشاة جزءاً مكملاً لتصميم الطرق الحضرية، ولكنها قلما تعتبر ضرورية في المناطق الخلوية، وعلى العموم فإنه يستحب عمل أطاريف في الطرق التي يتوقع فيها حركة مرور مشاة كبيرة أو في المناطق التي قد يحدث فيها أخطار للمشاة مثلما يحدث قريباً من المدن والقرى ومواقع الأسواق والمصانع وغير ذلك وينبغي ألا يقل عرض الرصيف عن 1.5 متر ويعمل من مواد تعطي مسطحاً ناعماً ومستوياً سليماً، ويجب أن يكون سطح الرصيف

الذي يسير المشاة عليه مساوياً في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصف المخصص لطريق السيارات لجذب المشاة للسير عليه.

٢-٥ مواصفات ومحددات التصميم:

٢-٥-١ 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 تتوفر باستمرار على طول 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.

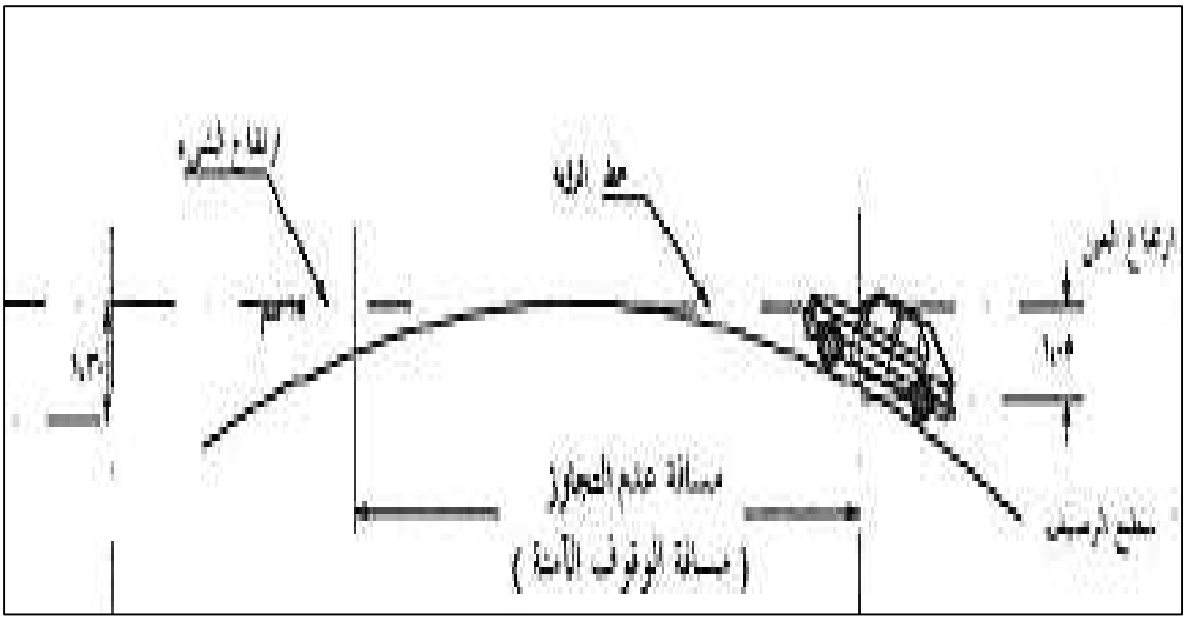
٢-٥-٢ مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance) :

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 و وقت 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

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

جدول (٢-٣) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف



شكل (٢-٤) مسافة الرؤية للتوقف الآمن.

وتستخدم هذه المعادلة لحساب مسافة الرؤية للتوقف الآمن:-

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254\,f} \quad \text{.....(2.1)}$$

- V:سرعة العربة (كم/ساعة)
- f: معامل الاحتكاك
- t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية)

المعادلة (2.1) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالعدد (2)

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

جدول(٢-٤) العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك

٢-٥-٣ مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance):

في الطرق ذات الحارتين لإمكان تجاوز السيارات بأمان فإنه يجب أن يرى السائق أمامه مسافة كافية خالية من المرور بحيث يمكنه إتمام عملية التجاوز دون احتكاك بالسيارة التي يتخطاها ودون أن تعترضه أي عربة مضادة يحتمل ظهورها بعد أن يبدأ التجاوز ثم يعود إلى الحارة اليمنى بسهولة بعد عملية التجاوز.

٦-٢ التصميم الابتدائي لطريق وادي الظل :

بعد حصولنا على الصورة الجوية للمنطقة قمنا بتحديد الطريق وذلك من خلال تحديد مساره واتجاهه وهو ما يعرف بعمل الـ Alignment بلستخدام برنامج Autodesk Land Desktop 2006 مراعين في ذلك :

- تصميم الطريق على أساس السرعة التصميمية 60 km/hr وتعلية (Super Elevation) مقدارها 6 % وهذا يتطلب تصميم المنحيات الأفقية على أن لا يقل نصف قطرها عن 123 m وهذا تبعا للجداول التصميمية AASHTO .

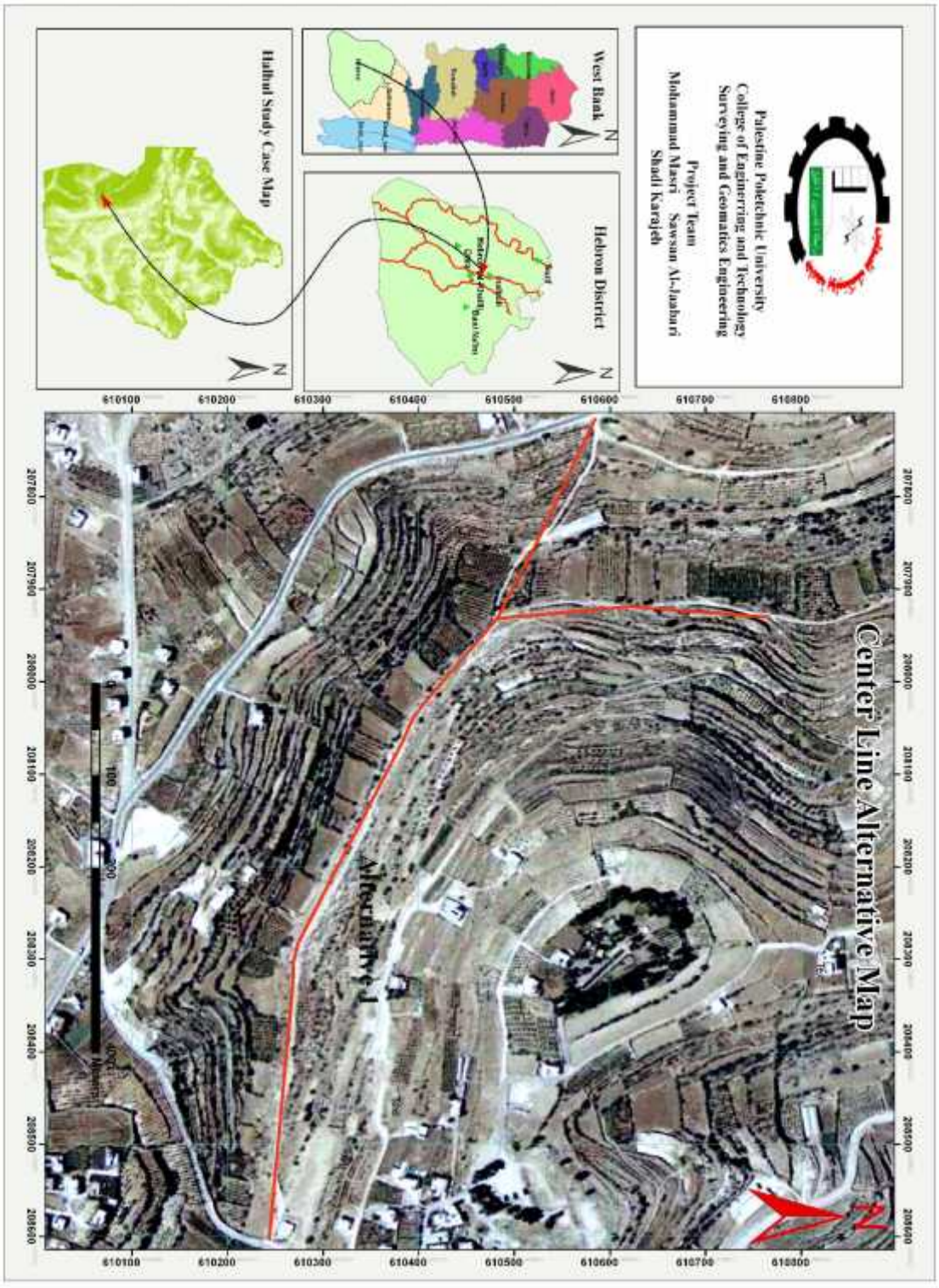
والجدول التالي يبين أقل نصف قطر ممكن للمنحنيات والواجب اعتماده وذلك تبعا للسرعة التصميمية ومقدار التعلية المراد التصميم عليهما:

e (%)	V_d = 20 km/h R (m)	V_d = 30 km/h R (m)	V_d = 40 km/h R (m)	V_d = 50 km/h R (m)	V_d = 60 km/h R (m)	V_d = 70 km/h R (m)	V_d = 80 km/h R (m)
1.5	194	421	738	1050	1440	1910	2360
2.0	138	299	525	750	1030	1380	1710
2.2	122	265	465	668	919	1230	1530
2.4	109	236	415	599	825	1110	1380
2.6	97	212	372	540	746	1000	1260
2.8	87	190	334	488	676	910	1150
3.0	78	170	300	443	615	831	1050
3.2	70	152	269	402	561	761	959
3.4	61	133	239	364	511	697	882
3.6	51	113	206	329	465	640	813
3.8	42	96	177	294	422	586	749
4.0	36	82	155	261	380	535	690
4.2	31	72	136	234	343	488	635
4.4	27	63	121	210	311	446	584
4.6	24	56	108	190	283	408	538
4.8	21	50	97	172	258	374	496
5.0	19	45	88	156	235	343	457
5.2	17	40	79	142	214	315	421
5.4	15	36	71	128	195	287	386
5.6	13	32	63	115	176	260	351
5.8	11	28	56	102	156	232	315
6.0	8	21	43	79	123	184	252

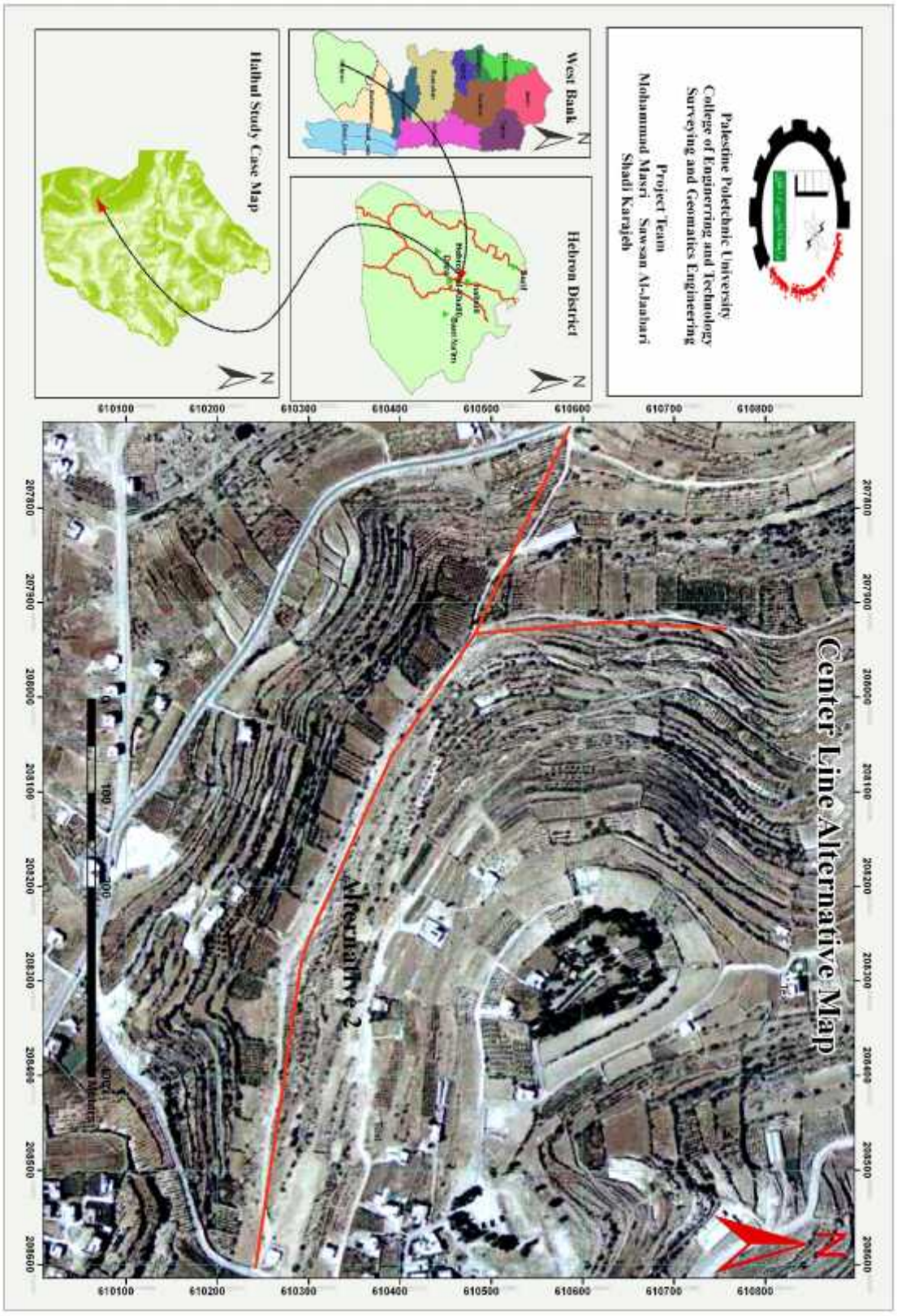
جدول(٢-٥) أقل قيمة لنصف القطر لتعلية مقدارها 6% وحسب السرعة التصميمية

٢-٧ عمل الطرق البديلة Alternatives :

من خلال دراستنا للموقع تبين لنا أنه من الممكن عمل طرق بديلة للطريق الموجود حاليا وقد تكون أكثر جدوى من الناحية الاقتصادية كما أنها قد تكون أكثر نفعا للاستخدام مراعين في ذلك الشروط التصميمية .
كان الهدف الرئيسي من عمل الطرق البديلة هو تقليل عدد المنحنيات وتوسيع الطريق ولكن لأن الطريق قائم أصلا ولصعوبة القيام بالأعمال اللازمة لذلك من حفر وردم واستخدام أراض غير تابعة للبلدية فلم نعتمد أحد هذه الطرق بل اكتفينا باقتراحها.



الشكل (٢-٥) الطريق البديل الأول



للشكل(٢-٦) الطريق البديل الثاني

الفصل الثالث

٣

الأعمال المساحية

٣-١ مقدمة.

٣-٢ القيام بالأعمال المساحية.

٣-٣ عمل المضلع.

٣-4 تصحيح إحداثيات المضلع.

٣-٥ مطلبات الدقة لاعمال المضلعات.

الفصل الثالث

الأعمال المساحية

٣-١ مقدمة :

يتناول هذا الفصل الأعمال المساحية اللازمة لتصميم الطريق و طريقة عمل المضلع traverse وكيفية تصحيحه باستخدام Least Square method للحصول على نتائج مساحية دقيقة.
وبما أن الغرض المطلوب و المرجو من تصميم **الطريق** يختلف من طريق إلى آخر فإن دقة المعلومات و البيانات المساحية **المطلوبة تختلف** أيضا من طريق إلى آخر ولكن من المهم أن نعلم أن المزيد من الدقة يتطلب المزيد من الوقت و التكاليف و من هنا يمكن تحديد الأمور الرئيسية التي تحدد درجة الدقة في أعمال المساحة وهي:

- **الغرض من العمل المساحي.**
- طبوغرافية منطقة **المشروع.**
- كثافة التفاصيل واستعمالات **الأراضي.**
- الاعتبارات الاقتصادية.

٣-٢ القيام بالأعمال المساحية:

بعد دراسة أهداف **المشروع، تبدأ** مرحلة القيام بالأعمال المساحية **والتي تتم في أكثر من مرحلة:**

٣-٢-١ دراسة الخرائط Map Study :

بعد دراسة الصور الجوية و الخرائط الطبوغرافية التي حصلنا عليها من مختبر التصوير الجوي بالجامعة كان بالإمكان تحديد عدة مسارات للطريق، ولكن بما أن الطريق قائم تم دراسة موقع المشروع لمعرفة المناطق التي بحاجة إلى تغيير أو تعديل وفي كل الأحوال سيتم الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الواقع الفعلي.

٣-٢-٢ المساحة الاستطلاعية (Reconnaissance):

يتم هنا القيام بجولات استطلاعية متعددة و من المهم اصطحاب الخرائط المتوفرة للمنطقة و كذلك الصور الجوية لتسهيل عملية التعرف على المنطقة، ومن المعلومات التي يمكن جمعها من عملية الاستطلاع هي:

- العوائق غير الظاهرة على الخرائط وتعترض مسار الطريق المقترح إن وجدت.
- نوع وطبيعة التربة للموقع المقترح للطريق .

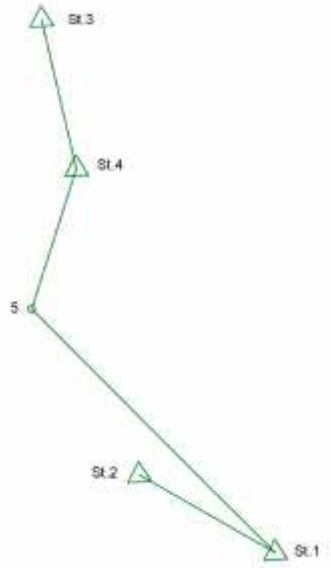
٣-٢-٣ البدء بالأعمال المساحية:

في هذه المرحلة يتم القيام بعمل مضلع يكشف قدر الإمكان كل نقاط الطريق المقترح و ذلك لتعيين إحداثيات وبالتالي مواقع النقاط الجديدة انطلاقا من نقاط معلومة الإحداثيات مسبقا وقد تم تنفيذ الأعمال التالية:

- قمنا بتنفيذ العمل الميداني والبدء بتحديد محطات الرصد على الطريق ومعرفة إحداثيات هذه المحطات عن طريق جهاز (GPS) حيث أن جهاز (GPS) يتكون من Base & Rover ، تم نصب جهاز Base على نقطة (Trig) معلومة الإحداثيات وتقع هذه النقطة في منطقة منتزه بلدية حلحول ، وتم التنقل بجهاز Rover على محطات الرصد المقترحة وذلك لمعرفة إحداثياتها ، وكانت هذه المحطات موزعه على الطريق بحيث تم وضح محطتين في بداية الطريق ومحطتين في نهاية الطريق .

- قمنا بعملية المسح للطريق حيث بدأنا من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع (Traverse)، ورفعنا الأبنية وأعمدة الهاتف وأعمدة الكهرباء والأسوار والسلالس وغيرها من التفاصيل وذلك من أجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم.

٣-٣ عمل المضلع (Traverse):



الشكل (٣-١) رسم توضيحي للمضلع

٣-٣-١ القراءات:

الجدول التالي يظهر القراءات التي تم رصدها في الميدان حيث تم رصد الزاوية الافقية و المسافة الافقية لكل محطة مرتين و ذلك للحصول على دقة عالية :

From station	To station	Horizontal angel			Horizontal Distance
1	5	0	0	0	
1	5	15	11	32	600.814
1	5	15	11	27	600.814
5	4	0	0	0	
5	4	242	39	37	255.610
5	4	242	39	39	255.589
4	3	0	0	0	
4	3	149	09	34	266.663
4	3	149	09	39	266.657

جدول (٣-١) القراءات التي رصدت بالميدان

و الجدول التالي يظهر معدل الزوايا و المسافات الافقية المرصودة من الميدان :

From station	To station	Horizontal angel			Horizontal Distance
1	5	0	0	0	
1	5	15	11	30	600.814
5	4	0	0	0	
5	4	242	39	38	255.600
4	3	0	0	0	
4	3	149	09	36.5	266.660

جدول (٣-٢) معدل القراءات المرصودة

٣-٣-٢ حساب احداثيات المحطات قبل التصحيح :

الجدول التالي يشمل احداثيات المحطات التي تم رصدها عن طريق جهاز (GPS) :

Point	Easting (m)	Northing (m)
1	158271.893	110101.307
2	158034.497	110237.304
3	157863.803	111029.198
4	157924.636	110769.619

جدول (٣-٣) إحداثيات المحطات المأخوذة من GPS

حساب إحداثيات station 5 بالاعتماد على إحداثيات المحطات المأخوذة من GPS :

تم حساب الانحراف للخطوط بناء على العلاقة التالية :

$$Az = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} \quad \text{.....(3-1)}$$

Example:

$$\overline{12} = \tan^{-1}\frac{158034.497 - 158271.893}{101237.304 - 110101.307} = \tan^{-1}\frac{-237.396}{135.997} = 299°48'25.5"$$

$$\overline{15} = \quad 299°48'25.5" \; + \; 15°11'30" = \; 314°59'55.5"$$

بعد حساب الانحراف للقطة بناء يتم حساب الاحداثيات غير المصححة على العلاقات التالية :

Δ Easting = Horizontal Distance × sin (azimuth)…….(3-2)

Δ Northing = Horizontal Distance × cos (azimuth)…….(3-3)

Easting = easting 2 + Δ easting…….(3-4)

Northing = Northing 2 + Δ northing…….(3-5)

For station 5 :

Δ Easting = 600.814× sin(314°59'55.5") = - 424.849

Δ Northing = 600.814× cos(314°59'55.5") = 424.830

Easting = 158271.893 + - 424.849 = 157847.0441

Northing = 110101.307 + 424.830 = 110526.1374

٣-٣-٣ تصحيح الأخطاء للمضلع Reduction of Errors :

هناك مجموعة من الأخطاء التي تؤثر على دقة المضلع ومنها:

٣-٣-٣-١ الأخطاء في المسافات Error in distance :

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(3-6)}$$

حيث أن:

$\pm_D$: الخطأ في المسافة المقاسه

$\pm_i$: الخطأ في ضبط الجهاز

$\pm_t$: الخطأ في وضعية العاكس

a, b : معاملات الجهاز ويتم الحصول عليها من الكتيب المرفق للجهاز.

$(3\text{mm} \pm 3\text{ppm} = a, b)$

D : المسافة

- مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسه ما بين المحطة ١ والمحطة ٥ تساوي 600.814م

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(3-7)}$$

$$\pm_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (600.814 \times 0.000003)^2} = 0.0045m$$

والجدول التالي يشمل معدل المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافة :

Line	Distance (m)	$\pm_D (m)$
D1	600.814	0.0045
D2	255.6	0.0042

جدول (٣-٤) معدل المسافات بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة

٣-٣-٣-٢ 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.

٣-٣-٣-٣ أخطاء التوجيه Target Centering **:**

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

3-٣-٣-٤ **الأخطاء في قياس الزوايا** Errors in angles **:**

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:

$$\pm_{\sim pr} = \frac{2 \pm_{DIN}}{\sqrt{n}} \quad \text{.....(3-8)}$$

حيث أن:

$\pm_{\sim pr}$: 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 :

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

٣-٣-٣-٥ الأخطاء في الإحداثيات :

هناك أكثر من طريقة لتصحيح هذا النوع من الأخطاء ومنها :

١- Least Square Method.

٢- Linear and Angular Misclosure Method.

وقد قمنا باستخدام الطريقة الأولى لتصحيح إحداثيات المضلع وهذا تبعا لدقتها العالية في تصحيح الخطأ ، كما وقمنا بتصحيح المضلع باستخدام برنامج (Autodesk Land Desktop 2006).

٣-٤ تصحيح إحداثيات المضلع :

- طريقة Least Square Method :

بما أن إحداثيات المحطات ١,٢,٣,٤ **مأخوذة من** GPS **فلا تحتاج إلى تصحيح** والتصحيح يكون فقط للمحطة ٥:

المعادلة الرئسية **:**

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(3\text{-}9)$$

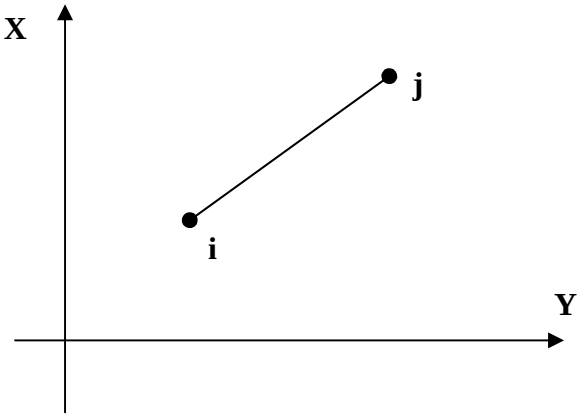
حيث أن:

- X : Unknown matrix.
- A: Jacobean matrix.
- L: Observation matrix.
- V : Variance matrix.

وهنا توضيح تفصيلي للمصفوفات:

The Jacobean Matrix A:

$$A=\begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial dx_5} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_5} \\ \frac{\partial F_2}{\partial dx_5} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_5} \\ \left(\frac{\partial F_3}{\partial dx_5}\right)^{\circ} & \left(\frac{\partial F_3}{\partial dy_5}\right)^{\circ} \\ \left(\frac{\partial F_4}{\partial dx_5}\right)^{\circ} & \left(\frac{\partial F_4}{\partial dy_5}\right)^{\circ} \\ \left(\frac{\partial F_5}{\partial x_5}\right)^{\circ} & \left(\frac{\partial F_5}{\partial x_5}\right)^{\circ} \end{bmatrix}_{5\times 2}$$



شكل (3-٢) رسم توضيحي لتصحيح المسافات

Distance observation reduction:

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad \text{.....(3-١٠)}$$

Linearization:

Taking the derivatives of last equation:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{x_i - x_j}{IJ}$$
$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{y_{i-} y_j}{IJ}$$
$$\frac{\partial F}{\partial x_j} = \frac{x_j - x_i}{IJ} \quad \text{.....(3-١١)}$$
$$\frac{\partial F}{\partial y_j} = \frac{y_j - y_i}{IJ}$$

Angle observation reduction:

$$^{-} = Az_{IF} - Az_{IB}$$
$$- = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{.....(3-١٢)}$$

Taking the derivatives of the last equation:

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{yi - y_b}{IB^2} - \frac{yi - y_f}{IF^2}$$
$$\frac{\partial F}{\partial y_i} = \frac{x_b - x_i}{IB^2} - \frac{x_f - x_i}{IF^2} \quad \text{.....(3-13)}$$

The Observation Matrix L:

$$L = \begin{bmatrix} F_1 - F_{1_0} \\ F_2 - F_{2_0} \\ F_3 - F_{3_0} \\ F_4 - F_{4_0} \\ F_5 - F_{5-} \\ \end{bmatrix}_{5\times 1}$$

The Unknowns Matrix X:

$$X = \begin{bmatrix} dx_5 \\ dy_5 \end{bmatrix}_{2\times1}$$

The Variance Matrix V:

$$V = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ \end{bmatrix}_{5\times1}$$

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

قيمة X,Y النهائية :

$$\begin{aligned} X &= X_0 + dx \\ Y &= Y_0 + dy \end{aligned} \quad \text{.....(3-14)}$$

وبعد اجراء العمليات الحسابية حسب العلاقة الرئيسية باستخدام برنامج ال Excel تم الحصول على الاحداثيات المصححة التي تظهر في الجدول التالي :

Station	Easting (m)	Northing (m)
5	157847.0017	110526.1473

جدول (٣-٥) إحداثيات المحطة ٥ بعد التصحيح

الانحراف المعياري:

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

So= ±0.030165

وقد تم إيجاد هذه القيمة باستخدام برنامج Excel .

- طريقة استخدام برنامج Autodesk وقد تم استخدامها وكانت النتائج كما يلي :

Station	Easting (m)	Northing (m)
5	157847.0907	110526.1000

جدول (3-6) إحداثيات المحطة 5 عن طريق برنامج Autodesk

٣-٥ متطلبات الدقة لأعمال المضلعات :

يبين الجدول (٣-٧) متطلبات الدقة لأعمال المضلعات والتي يمكن الاستئناس بها في عمل المواصفات وفي الحكم على دقة ونوعية القياسات الميدانية والبرامج المستخدمة في إنشاء المضلعات.

من هذا الجدول يتضح أن هناك عدة درجات متفاوتة، تعتبر الدرجة الثالثة هي الأكثر شيوعا على نطاق المشاريع ذات المساحة المحدودة كتعيين أطوال واتجاهات حدود قطع الأراضي وأعمال المسح الطبوغرافي لمشاريع الإسكان والمدن الصناعية والمتنزهات والمشاريع العمرانية الكبرى بشكل عام.

أما فيما يتعلق بالمشاريع الهندسية الكبرى كمشاريع مسح المسارات بما في ذلك الأنفاق القصيرة وأحواض التخزين المائية الصغيرة ومشاريع التطوير الحضري وقياس الإزاحات وحركة المنشآت وغيرها الكثير تحتاج إلى المرتبة الأولى.

الدرجة / الشروط	First Order	Second Order		Third Order	
		Class 1	Class 2	Class 1	Class 2
عدد الأضلاع غير معلومة الانحراف يجب أن لا يتجاوز:	5 - 6	10 - 12	15 - 20	20 - 25	30 - 40
مقدار العد الأدنى لقراءة الزاوية الأفقية :	0.2″	1″	1″	1″	1″
عدد القراءات (عدد مرات الرصد):	16	12	8	4	2
الخطأ المعياري في قياس المسافات:	1/600 000	1/300 000	1/120 000	1/60 000	1/30 000
خطأ القفل في الانحراف عند خطوط أو نقط التحقق (control points) يجب أن لا يتجاوز:	2″√N	3″√N	6″√N	10″√N	30″√N
خطأ القفل في الموقع بعد التصحيح للانحراف يجب أن لا يتجاوز:	0.04m√K	0.08m√K	0.2m√K	0.4m√K	0.88m√K

جدول (٣-7) متطلبات الدقة لأعمال المضلعات

الفصل الرابع

٤

التصميم النهائي

٤-١ مقدمة.

٤-٢ التخطيط الأفقي للطريق.

٤-٣ التخطيط الرأسي للطيق.

٤-٤ الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي.

٤-٥ مثال لحساب عناصر المنحنى الأفقي.

٤-٦ مثال لحساب عناصر المنحنى الرأسي.

الفصل الرابع

التصميم النهائي

4-1 مقدمة:

حتى نحصل على تصميم متزن للطريق يجب أن تصمم المنحنيات سواء الأفقية أو الرأسية وفقا لأسس التصميم الهندسي بحيث تعمل على جعل الطريق مريحة قدر الإمكان مع مراعاة تجنب التغير المفاجئ أثناء السير على الطريق سواء في الاتجاه الرأسي أو الأفقي.

نأخذ بعين الاعتبار أسس التصميم الهندسي التي تعطي انسياب مستمر للمرور عند السرعة التصميمية كما يجب أن نأخذ في عين الاعتبار العلاقة بين السرعة التصميمية و أنصاف أقطار المنحنيات و ارتفاع الحافة الخارجية للرصف عن الحافة الداخلية.

و هذا الفصل يتناول تصميم المنحنيات الأفقية والرأسية و عناصر هذه المنحنيات وكيفية حسابها وكيفية توقيعها.

4-٢ التخطيط الأفقي للطريق (Horizontal Alignment):

تنحصر مهمة التخطيط الأفقي في تحديد المسارات وأطوالها وزوايا انحرافها ونقاط تقاطعها بالإضافة الى تصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أطوالها وحساب عناصرها وبداياتها ونهاياتها.

إن أطوال أضلاع المسارات وزوايا انحرافها تحددها طبيعة الأرض و طبوغرافية هذه الأرض، وعلى المصمم أن يختار المنحنيات المناسبة التي تتماشى مع هذه المسارات.

تعتبر مشاريع البنية التحتية من أهم المشاريع الحيوية في الدول المتقدمة و منها مشاريع الطرق و قنوات الري و خطوط وأنابيب المجاري و خطوط الكهرباء وهنا لا بد من اللجوء إلى التخطيط الأفقي وذلك لتفادي التغير المفاجئ في الاتجاه أو الانتقال من جزء مستقيم لمسافة طويلة إلى منحنى حاد وذلك بتوزيعه على كامل المنحنى أو على مجموعات المنحنيات التي ستربط كل جزءين مستقيمين متقاطعين.

٤-٢-١ أنواع المنحنيات الأفقية (Types of horizontal Curves):

هناك عدة أنواع من المنحنيات الأفقية تستخدم للانتقال من الخطوط المستقيمة إلى المنحنيات بشكل سهل دون التأثير على عملية السير وضمن السرعة المعقولة، ويتم استخدام هذه الأنواع كل في موضعه على أسس معينة ومن هذه الأنواع:

١- المنحنيات الدائرية Circular Curves.
٢- المنحنيات الانتقالية Transition Curves.
٣- المنحنيات المتدرجة او الحلزونية Spirals or Easement Curves.

وسيتم الحديث عن هذه المنحنيات بالتفصيل في ما يلي:

٤-٢-١-١ المنحنيات الدائرية :

١- المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves:

حيث يتم وصل الخطين المستقيمين والمختلفين في الاتجاه بقوس دائري واحد يمسهما في نقطتي الوصل.

٢- المحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves:

حيث يتم وصل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد مع مراعاة الشروط التالية:

a. أنصاف أقطار هذه الأقواس مختلفة.
b. الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.
c. جميع مراكز هذه الأقواس الدائرية في جهة واحدة.

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

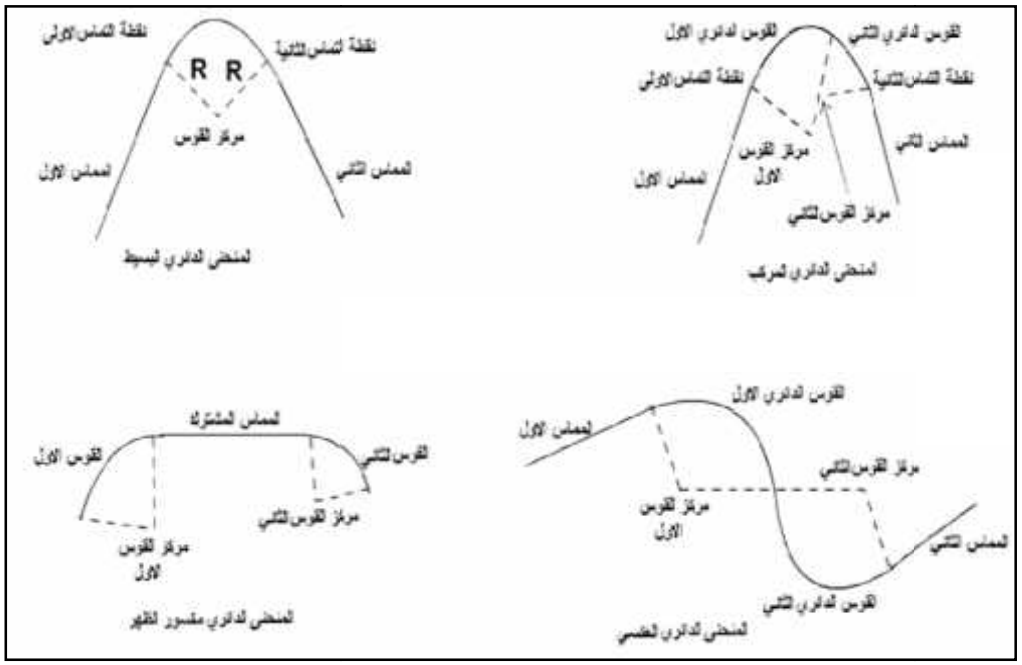
حيث يتكون من منحنيين دائريين مركزاهما في جهة واحدة ومتصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك واحد و قصير يقل طوله عن ٣٠ مترا.

٤- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves:

حيث يتم توصيل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري بالشروط التالية:

١- مراكز الانحناء ليست في جهة واحدة.
٢- أنصاف أقطار المنحنيات قد تكون متساوية أو مختلفة.
٣- الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.

والشكل التالي يبين رسم توضيحي لأنواع المنحنيات الدائرية.



شكل (٤- ١) أنواع المنحنيات الدائرية

٤-٢-١-٢ المنحنيات الانتقالية Transition Curves:

يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحني، وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية، وعلى هذا فمن المستحسن عمل منحنيات انتقالية حتى تسهل حركة المركبات فضلاً عن أن المنحنى الانتقالي يعطي للمصمم المجال لتطبيق التوسيع والرفع التدريجي للحافه الخارجية للرصف بمقدار الرصف المطلوب.

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = \frac{0.0702\ V^{3}}{(R \times C)} \quad \text{.....(4-1)}$$

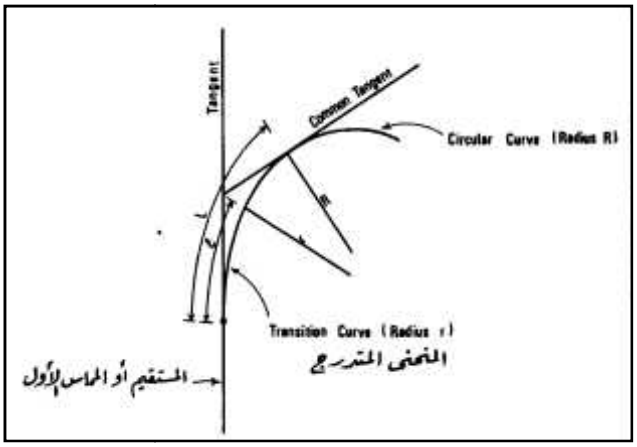
حيث أن:

- L: أقل طول للمنحنى الانتقالي (م).
- V: السرعة التصميمية (كم/ساعة).
- R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).
- C: معدل زيادة العجلة المركزية (م/ث^{٣}).

4-٢-١-٣ المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية Spirals or Easement Curves:

يعرف المنحنى المتدرج بأنه المنحنى الرياضي الذي يتغير فيه نصف القطر بشكل مستمر وتدريجي على طول المنحنى وفي العادة يبدأ بنصف قطر كبير لا متناهي وينتهي بنصف قطر محدود، إن الانتقال المفاجئ عند نقاط التماس من درجة انحناء مساوية للصفر إلى درجة انحناء محدودة يعرض المركبة إلى تأثير القوة الطاردة المركزية، مما يسبب إزعاجا للمسافرين أو انقلاب المركبة ومن هنا يتبين لنا أهمية استخدام المنحنيات المتدرجة التي من شأنها ضمان الانتقال التدريجي عند نقاط التماس من الأجزاء المستقيمة ذات أنصاف أقطار لانهائية إلى أجزاء منحنية بأنصاف أقطار محدودة.

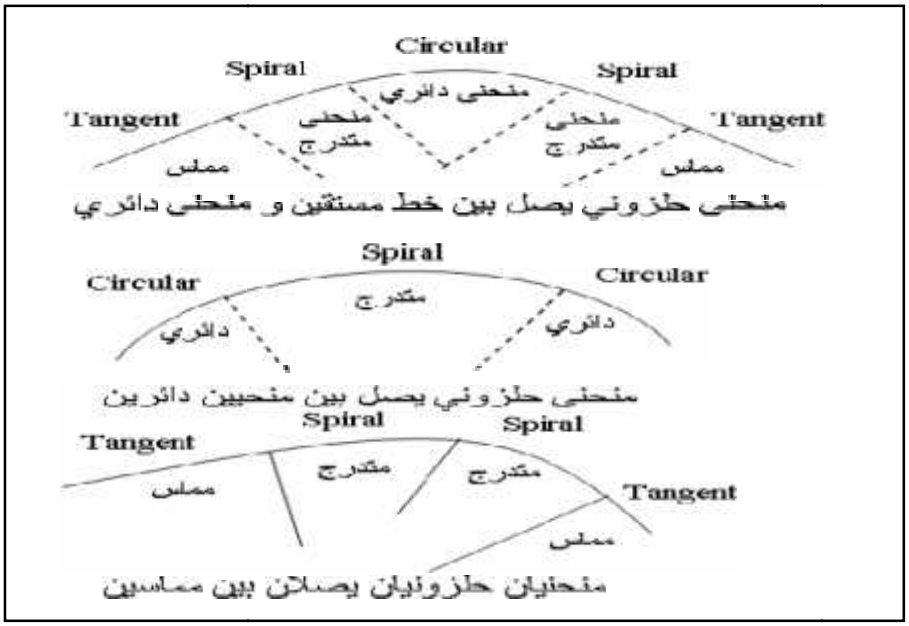
كذلك تسمح المنحنيات المتدرجة بالانتقال التدريجي من مقاطع عرضية ذوات ميول عرضية ثابتة ومنتظمة على الجانبين للأجزاء المستقيمة من المشروع إلى مقاطع عرضية مما يسمح بمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبة.



شكل (٤-٢) المنحنيات المتدرجة

ويوجد ثلاث اشكال لاستخدام المنحنيات المتدرجة وهي:

- منحنى حلزوني يصل بين خط مستقيم وآخر منحنى دائري.
- منحنى حلزوني مزدوج يصل بين خطيين مستقيمين.
- منحنى حلزوني يصل بين منحنيين دائريين.



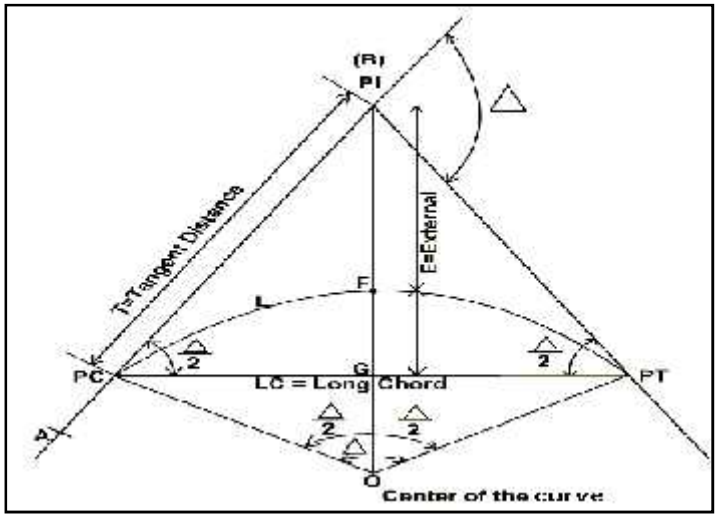
الشكل (٤-٣) أشكال المنحنيات الحلزونية

4-٢-٢ تصميم المنحنيات الأفقية Horizontal Curve design:

عند البدء في التصميم الأفقي للطريق (وادي الظل) واللذي نحن بصدد تصميمه لم نحتاج إلى استخدام أنواع منحنيات أخرى عدا عن المنحنى الدائري البسيط وفيما يلي شرح تفصيلي لعناصر ومعادلات المنحنى الدائري البسيط.

4-٢-٢-١ عناصر المنحنى الدائري البسيط :

عند تصميم المنحنى الدائري البسيط لا بد من ذكر عناصره ومعادلاته الأساسية، والشكل (٤-٤) والشكل (٤-٥) يوضحان ذلك.



شكل (4- 4) عناصر المنحنى الدائري البسيط

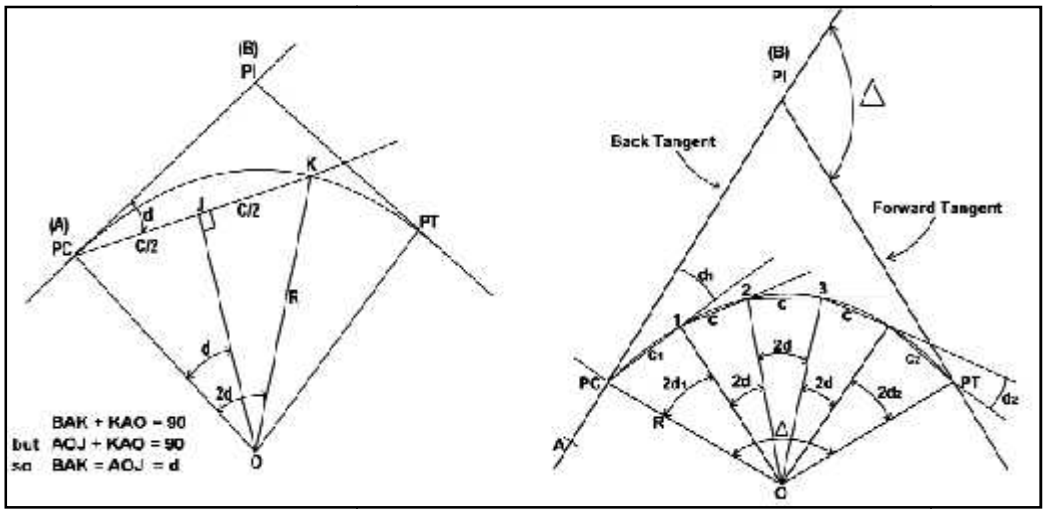
- (**PI**) نقطة تقاطع المماسين.
- (**Δ**) زاوية الانحراف Deflection Angle:

وتساوي الزاوية المركزية المنشأ عليها المنحنى الدائري.

- (**T**) المماسين The tow Tangent:

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

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



شكل (٤-٥) : الأوتار وزوايا الانحراف الجزئية في المنحنى الدائري البسيط

٦-٢-٢-٢ معادلات المنحنى الدائري الأفقي:

١- طول المماس (T)

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-2)$$

٢- المسافة الخارجية (E)

$$E = R(1-\cos\frac{\Delta}{2}) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-3)$$

٣- سهم القوس (M)

$$M = R(\sec\frac{\Delta}{2}-1) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-4)$$

٤- الوتر الطويل(LC)

$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-5)$$

٥-طول المنحنى (L)

$$L = \frac{® R\Delta}{180} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-6)$$

٦- قيم زوايا الانحراف الجزئية (d1،d،d٢) وأطوال الأوتار الجزئية (c2،c،c1) :

- قيم زوايا الانحراف الجزئية ويمكن إيجادها حسب العلاقة التالية:

do=1718.873 Co/R ..... (4-7)

حيث :

- do: زاوية الانحراف الجزئية (بالدقائق).
- Co: طول القوس الدائري الجزئي (م).
- R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).

- أطوال الأوتار الجزئية:

هنا نختار أقواسا جزئية على المنحنى الدائري لا تزيد أطوالها عن R/20 ، وخاصة عندما يكون نصف قطر المنحنى الدائري كبيرا فهنا يكون الفرق بين طولي الوتر الجزئي والقوس الجزئي مهمل.

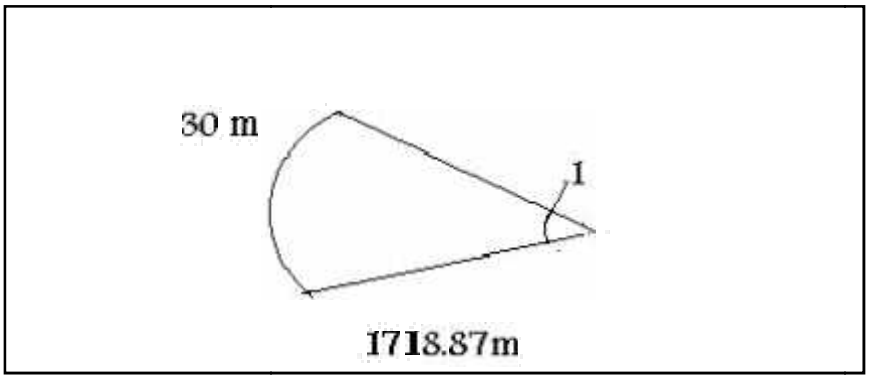
✓ **ملاحظة:** نختار أطوال الأقواس الجزئية بحيث تكون محطات مختلف نقاط المنحنى (ما بين نقطتي التماس الأولى والثانية) **أرقاما مدورة ومناسبة (تقبل القسمة على 5 أو 10).**

٤-٢-٢-٣ درجة الانحناء Degree of Curvature:

وهي الزاوية المحصورة والمقابلة لطول 30م من المنحنى الرئيسي.

$$D = \frac{1718.87}{R} \quad \textbf{أو} \quad D = \frac{30\,\Delta}{L} \qquad \text{.....(4-8)}$$

من المهم جدا فهم معنى درجة الانحناء (D) نظرا لاستخدامها كثيرا في التعبير عن طبيعة المنحنى هل هو حاد أو منبسط فكلما قلت قيمتها كلما كان المنحنى منبسطا وكلما كانت كبيرة كلما كان المنحنى حادا.

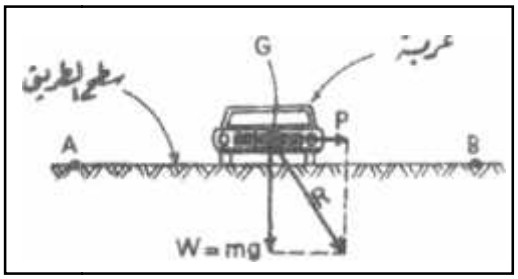


الشكل (٤-٦) درجة الانحناء

.

٤-٣-٤-٤ القوة الطاردة المركزية:

عندما تسير عربة على جزء مستقيم من طريق نصف قطره مالا نهاية تنعدم القوة الطاردة المركزية، وعندما تدخل العربة فجأة ضمن جزء من الطريق على شكل منحنى دائري **ذو نصف قطر ثابت ومحدد** تتعرض العربة إلى قوة طاردة مركزية تؤثر بشكل متعامد مع محور الدوران الذي هو في الواقع **خط** وهمي ورأسي مار بمركز المنحنى الدائري، ويكون اتجاه القوة الطاردة المركزية أفقياً



شكل (٤- 7) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات

ومعادلتها:

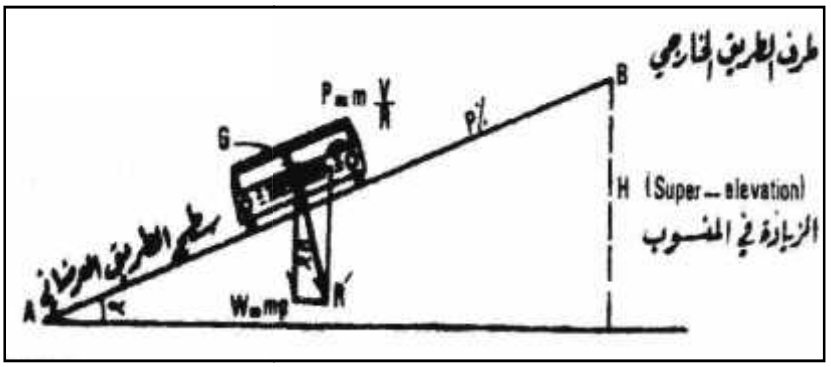
$$p = w * v^2 / g * r \quad \text{.....(4-9)}$$

- P : القوة الطاردة المركزية للعربة أثناء سيرها على المنحنى الدائري.
- w : وزن العربة.
- m : كتلة العربة.
- v :سرعة العربة.
- r : نصف قطر المنحنى الدائري.
- g: التسارع الأرضي.

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 القوة الطاردة المركزية P تساوي صفر، ولمنع قفز القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة بحيث يكون التغير في منحنى الطريق غير مفاجئ وإنما يكون بالتدريج وكما نلجأ إلى عملية التعلية على المنحنيات.

٦-٢-٢-٥ الرفع الجانبي للطريق (التعلية (Super elevation)):

كما ذكرنا سابقا أن القوة الطاردة المركزية تؤثر على العربة في المنحنيات باتجاه الخارج لذلك يتم استخدام المنحنيات المتدرجة وكذلك يجب استخدام التعلية على المنحنيات لاحظ الشكل (4-٨).



شكل(٤- 8) عملية التعلية على المنحنيات

إذا مثلنا المقطع العرضي لجزء مستو ومنعطف بالخط AB و G لمركز ثقل العربة، فإن القوة الطاردة المركزية و ثقل العربة سيؤثران في مركز الثقل للعربة، ويكون اتجاه القوة الممثل لوزن العربة W متعامدا مع سطح الطريق المستوي، أما اتجاه القوة الطاردة المركزية فيكون بشكل متعامد مع خط سير العربة أي مواز تقريبا لسطح الطريق باتجاه العرض، و عليه فإن محصلة القوى R لن تكون متعامدة على سطح الطريق وبالتالي قد تكون العربة عرضة للتأثر بأي قوة أفقية قد يصل هذا التأثير إلى حد الانزلاق، ولكي نعالج هذه الحالة نعمل لسطح الطريق ميلا عرضيا تصبح معه محصلة القوى R مساوية ومعاكسة في الاتجاه لرد الفعل العمودي على سطح الطريق كما في الشكل السابق.

و الآن نستطيع أن نكتب العلاقات التالية:

$$e + f = \frac{(V * 0.75)^2}{127 * R} \quad \text{.....(4-10)}$$

حيث:

- R : هي نصف القطر الدائري (م).
- V : هي سرعة المركبة (كم/ساعة). [و هنا ضربنا السرعة ب 0.75 بسبب أن الطريق مختلط تسير عليه جميع أنواع المركبات] .
- f: : هي معامل الاحتكاك الجانبي.
- e: أقصى معدل رفع جانبي بالمتر.

هنا إذا كانت قيمة e أكبر من القيمة المسموح بها و هي e_{max} نقوم بإدخال قيمة الاحتكاك الجانبي حسب المعادلة التالية:

$$f = \frac{(V * 0.75)^2}{127 * R} - e_{\max} \quad \text{.....(4-11)}$$

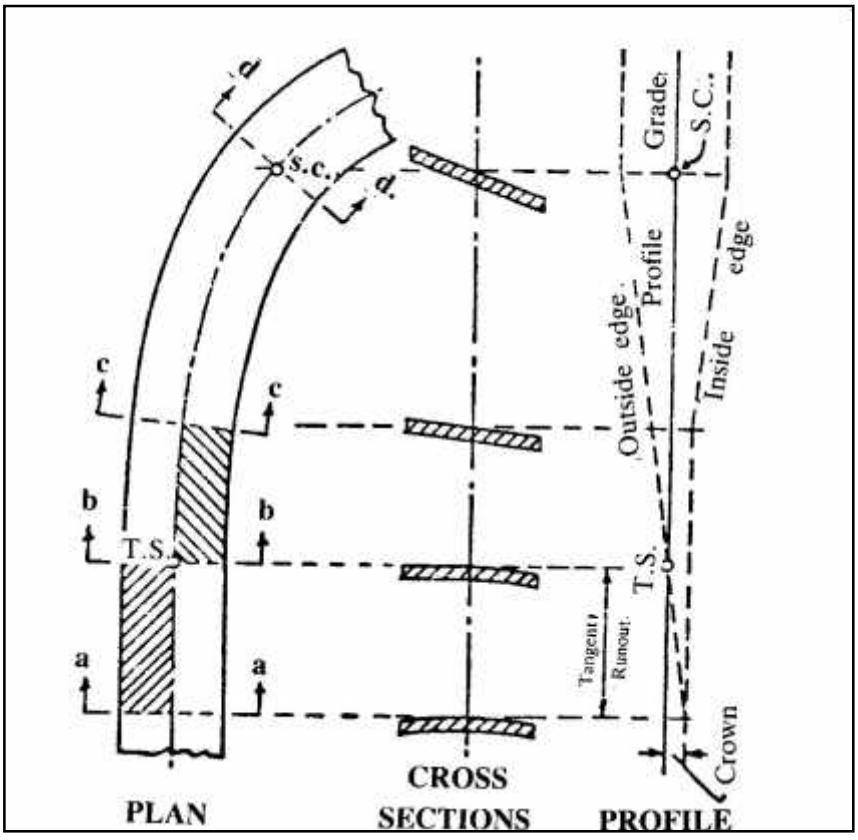
حيث f هي معامل الاحتكاك الجانبي ، و أقصى قيمة يمكن قبولها هي 0.16 ، فإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max ، فإننا نقوم بتثبيت قيم e , f عند قيمهم القصوى ، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها ، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، و نحسب السرعة حسب القانون التالي:

$$V = \sqrt{127R(e_{\max} + f_{\max})} \quad \text{.....(4-12)}$$

٤-٢-٢-٦ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق Super elevation Development:

١- 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 بنسبة 2% كما هو مبين في الشكل (٤- ٩).



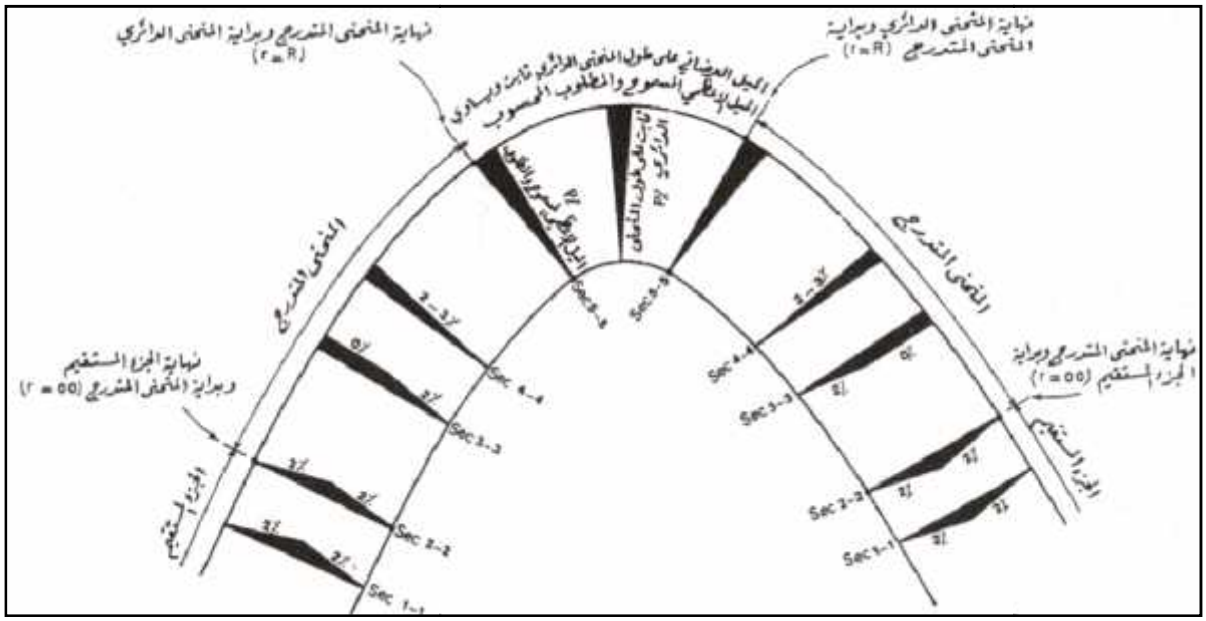
الشكل (٤- ٩) كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور

٢- 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.

٣- 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.



شكل (٤- ١٠) التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطاردة المركزية

٤-٢-٣ ملاحظات عامة عن التخطيط الأفقي :

١. يجب أن يكون التخطيط توجيهياً قدر الإمكان أي موجهاً للسير في نفس الاتجاه ولكن متمشياً مع طبوغرافية المنطقة ، فالتخطيط الانسيابي الذي يتمشى بوجه عام مع الكنتورات الطبيعية أفضل من حيث الجمال الفني من تخطيط ذي مماسات طويلة تنشق خلال أرض متموجة أو جبلية كما أن مثل هذا التصميم مرغوب من الوجهة الإنشائية و الصيانة.

٢. عندما يجرى التخطيط على أساس سرعة تصميمية محددة فإنه بقدر الإمكان يجب ألا تلجأ إلى أقصى انحناء (أي أقل نصف قطر) يناظر تلك السرعة ، بل يجب على المصمم أن يحاول استخدام المنحنيات المنبسطة بوجه عام .

٣. يهدف دائماً إلى تخطيط متناسق فيجب ألا تعمل انحناءات شديدة في نهاية أطوال كبيرة مستقيمة ، كما لا يعمل تغيير فجائي من انحناءات سهلة إلى انحناءات شديدة ، وعندما يستلزم الأمر إدخـــال منحنى شديد فيكون الدخول عليه إذا أمكن ذلك بواسطة منحنيات متتالية تبدأ من الانحناء السهل العلم ثم تزدادشدة بالتدرج.

٤. في زوايا الانحراف الصغيرة يجب أن تكون المنحنيات ذات طول كاف يمنع ظهور التخطيط بشكل كسرات بحيث لا يقل طول المنحنى عن ١٥٠متر مقابل الزوايا المركزية التي يكون مقدارها ٥ درجات ، ويزداد هذا الطول الأدنى بمقدار ٣٠ متراً على الأقل مقابل كل درجة تنقص من الزاوية المركزية .

٥. يجب مراعاة الحذر عند استخدام منحنيات دائرية مركبة ، والأفضل أن يتجنب استخدامها.

٦. يجب اجتناب أي تغيير عكسي مفاجئ في التخطيط ، لأن مثل هذا التغيير يجعل من الصعب على السائق أن يلزم حارة المرور الخاصة به ، كما أنه من الصعب عمل رفع جانبي كاف للطريق في كلا الانحناءين وقد ينتج عن ذلك حركات خاطئة وخطيرة ، ويمكن تصميم انحناء عكسي مناسب في التخطيط بعمل مماس ذي طول كاف بين الانحناءين للانتقال التدريجي في الرفع الجانبي .

٧. يجب اجتناب عمل منحنيات ذات شكل منكسر أي انحنائين متتالين في نفس الاتجاه بينهما مماس قصير لأن مثل هذا التخطيط فيه خطورة وتنتج هذه الخطورة من أن معظم السائقين لا يتوقعون أن تكون المنحنيات المتتالية لها نفس الاتجاه ، أما الحالة السائدة وهي انعكاس الاتجاه في منحنيين متتالين فهي تولد في السائقين العادة على اتباعها بطريقة تكاد تكون لا شعورية .

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

٤- ٣ التخطيط الرأسي للطرق (Vertical Alignment):

يتكون التخطيط الرأسي للطرق من سلسلة من الميول الطولية متصلة مع بعضها بمنحنيات رأسية، ويتحكم في التخطيط الرأسي عوامل الأمان و التضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار.

يجب أن تكون المنحنيات الرأسية سهلة الاستخدام وتهيئ تصميما مأمونا ومريحا في التشغيل ومقبولا في الشكل كافيا في تصريف المياه، وأهم مطلب في المنحنيات الرأسية المحدبة هو أن تعطينا مسافات رؤية كافية للسرعة التصميمية وفي جميع الحالات يجب أن تتوفر مسافة رؤية للتوقف تكون مساوية للحد الأدنى أو أكبر منها، ويستخدم القطع المكافئ في المنحنيات الرأسية لسهولة حساباته وبساطة توقيعه في الطبيعة واستيفائه للمطالب السابقة.

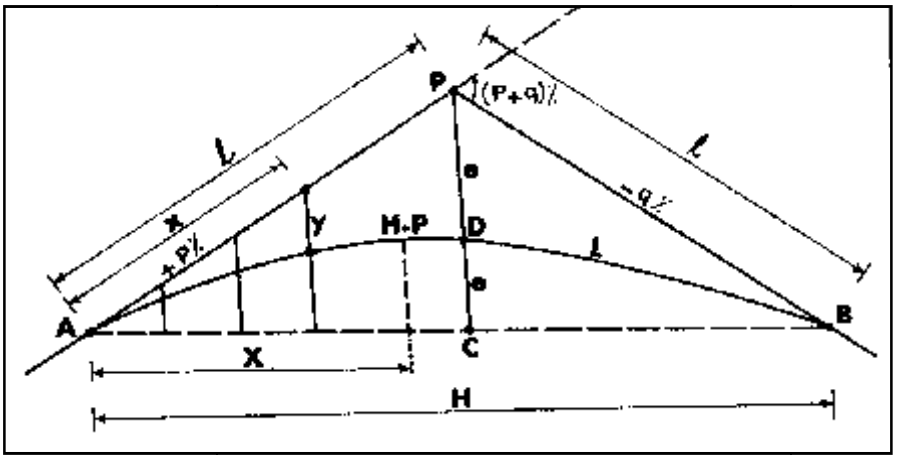
وعند المفاضلة بين تخطيطات طولية مرادفة يجب مقارنتها معاً من الناحية الاقتصادية وتحقيق الخدمة المطلوبة وسلامة الحركة المرورية وقد وضعت حدود قصوى للانحدارات تحقيقاً للاقتصاد والكفاءة في تشغيل المركبات على الطرق وفي نفس الوقت فإن تكاليف إنشائها تكون في الحدود المناسبة.

4-٣-١ أنواع المنحنيات الرأسية:

- منحنى تلالي (crest) حيث يكون التحدب للمنحنى للأعلى.
- منحنى قاعي (sag) حيث يكون التقعر للأسفل.

4-٣-٢ عناصر المنحنى الرأسي :

لتعيين مختلف العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع اي منحنى رأسي معين وتحديد مناسيب عدد كافي من النقاط الواقعة على المنحنى الرأسي المعتبر لا بد من توافر المعلومات التالية كما هو مبين في الشكل (٤- ١١).



الشكل (٤-١١) عناصر المنحنى الرأسي

- (P) : ميل المماس الأول الخلفي.
- (q): ميل المماس الثاني الأمامي.
- (BVC): بداية المنحنى الرأسي.
- (EVC): نهاية المنحنى الرأسي.
- (PI): منسوب نقطة التقاطع الميلين الرأسيين.
- (E): المسافة الخارجية المتوسطة.
- (L):طول المنحنى الرأسي.
- (H) : المسافة الخارجية المتوسطة.
- (X) : الطول الأفقي للنقطة الأفقية على المنحنى الرأسي.
- (AB): وتر المنحنى الراسي ويساوي مسقطه الأفقي (H).
- (Y):طول الأعمدة المأخوذة على المماس على بعد x.

٤-٣-٣ العناصر الأساسية لتصميم المنحنى الرأسي:

إذا أردنا الحصول على منحنى رأسي مصمم بطريق هندسية بحيث يحقق لنا الراحة والأمان ويحقق جميع الشروط اللازمة لتوقيع هذا المنحنى على الطبيعة دون حدوث أي خلل أو عيوب في الطريق لا بد من توفر العناصر التالية:

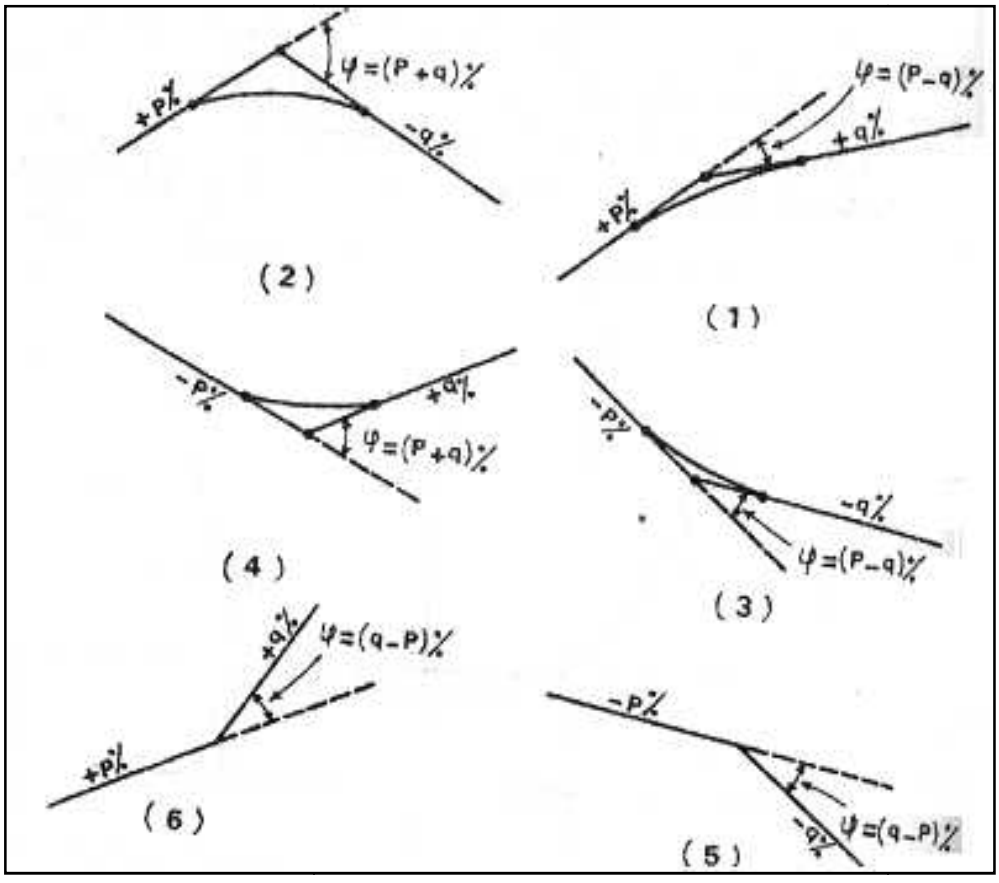
١. ميول (Gradients) خطوط المناسيب الرأسية المتتالية.
٢. منسوب نقطة تقاطع كل خطين متتالياً (Elevation of the PI).
٣. محطة نقطة التقاطع لكل خطين متتالين (Stationing of the PI).
٤. الطول المقترح للمنحنى الرأسي وهو عبارة عن المسافة الأفقية بين نقطتي طرفي المنحنى الرأسي المعتبر (نقطتي التماس BVC, EVC) .

تتحدد ميول خطوط المناسيب اعتماداً على عدة عوامل نذكر منها:

- نوع أو صنف الطريق.
- طبيعة الأرض (وعرة، متعرجة، سهلية، منتظمة الميل....الخ).
- تربة الطريق من حيث ثباتها وقوة تحملها.
- ميزانية المشروع والوضع الاقتصادي للبلد.

٤-٣-٤ إشارة الميل وزاوية التدرج (Grade Angle):

في المنحنيات الرأسية يتم اعتبار المماس الذي يعلو جهة اليمين موجباً والمماس الذي ينحدر جهة اليمين سالباً وتعتبر زاوية التدرج هي الفرق الجبري بين الميلين للماسين، وهناك حالات يكون فيها المماسان في اتجاه واحد عندما تكون زاوية التدرج للمنحنى مساوية % (p-q) وفي الحالة التي يكون فيها المماسان باتجاهين مختلفين تكون زاوية التدرج في المنحنى الرأسي مساوية % (p+q) وهي في ست حالات كما هي موضحة في الشكل (٤- ١٢).



الشكل(٤- ١٢) فرق الميل أو زاوية الميل

والجدول التالي يبين حساب البعد **الأفقي** (x) بين **أعلى** نقطة وبين نقطة التماس الأولى:

إشارة الميل للماس الأول	إشارة الميل للمماس الثاني	**البعد الأفقي** *(x)* بين أعلى أو أخفض نقطة و بين نقطة التماس **الأولى**
+	-	$X = \frac{pL}{p+q}$
-	+	$X = \frac{pL}{p+q}$
+	+	$X = \frac{pL}{p-q}$
-	-	$X = \frac{pL}{p-q}$

جدول (٤-١) **حساب البعد الأفقي** (x) بين أعلى نقطة وبين نقطة التماس الأولى.

٤-٣-٥ الميول الرأسية في الطرق:

هناك عوامل رئيسية تحكم عملية الاختيار للميول الرأسية:

- السرعة التصميمية (Design Speed).
- طبوغرافية الأرض التي تمر فيها الطريق.
- طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.
- توازن كميات الحفر مع كميات الردم.

الجدول التالي يبين قيماً عملية للميول الرأسية بأخذ السرعة الرأسية التصميمية وطبوغرافية المنطقة بعين الاعتبار:

السرعة التصميمية *Design Speed* (*KPH*)	منطقة منبسطة Flat %	منطقة تلالية Hilly %	منطقة جبلية Mountainous %
50	6	8	9
65	5	7	8
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	6
110	3	4	5
120	3	4	-
130	*3*	*4*	-

جدول(٤-٢) الميول الرأسية العظمى حسب طبوغرافية الأرض والسرعة التصميمية

وبالنسبة لطول الجزء الخاضع للميل الرأسي فإنه لا بد من ربط هذا العامل أيضا بمقدار الميل الرأسي، وهنا يفضل كلما أمكن أن لا يتجاوز هذا الطول الحد الذي تضطر معه شاحنة نموذجية مختارة تخفيض سرعتها بمقدار يزيد عن أو يساوي (25 k/hr) تقريبا من سرعتها الاعتيادية على جزء منبسط قبل صعودها هذا الجزء المائل المعتبر من الطريق و من الطبيعي أن هذا يعتمد على نوع الشاحنات التي تسلك الطريق كذلك يجب التقيد بأقصى طول للانحدار وذلك بما يتناسب مع السرعة التصميمية .

6-٣-4 ملاحظات عامة عن التخطيط الرأسي:

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

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

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

أ- منع حدوث التجاوز عن سيارة أخرى تسير في نفس الاتجاه في مواقع المنحنيات الرأسية التلالية والإشارة لذلك بوضع إشارات وتنبيهات في مواقع مناسبة على محور الطريق أو أطرافها.

ب- تعريض الطريق عند المنحنيات الرأسية التلالية بحيث يسمح بمسربين في كل اتجاه ولمسافة مناسبة.

٤-٣-٧ اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي :

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

١. يجب أن يكون الهدف هو الحصول على منسوب تصميمي طولي سهل ذو تغييرات تدريجية تتماشى مع نوع الطريق و درجته وطبيعة الأرض، فإن ذلك أفضل من مناسيب تكثر فيها الكسرات والأطوال الانحدارية القصيرة والطول الحرج لكل انحدار ، إلا أن طريقة تطبيق ذلك و تهيئته مع طبيعة الأرض في مناسيب مستمرة هي التي تحدد صلاحية العمل المنتهي وشكله الأخير .

٢. يجب اجتناب التخطيط الرأسي **المتموج أو ذي الانخفاضات المحجوبة**، ويصادفنا هذا المنظر **الطولي** عادة في التخطيطات الأفقية القريبة من الاستقامة عندما تعمل المناسيب الطولية متفقة في الشكل إلى حد بعيد مع الأرض الطبيعية المتموجة، وهذا ليس سيئ المظهر فحسب بل إنه خطر أيضاً فالانخفاضات المحجوبة تسبب الحوادث في عمليات التخطي .

٣. يجب اجتناب التخطيط الطولي **المنكسر الانحناء** (انحناءان رأسيان) في نفس الاتجاه يفصلهما مماس قصير وخاصة في المنحنيات التي يكون فيها المنظر الكامل للانحناءين معاً غير مقبول.

٤. في الانحدارات الطويلة يفضل أن تكون الانحدارات الشديدة في الأسفل ثم يقل الانحدار قريباً من قمة المطلع أو بأجزاء من المنحدر المستمر وذلك بإدخال مسافات قصيرة يكون فيها المنحدر قليل ، ويعتبر ذلك ملائماً بصفة خاصة لحالة الطرق ذات السرعة التصميمية المنخفضة .

٥. عند وجود تقاطعات مستوية في أجزاء من الطرق ذات انحدارين متوسط وشديد فيحسن تخفيض الانحدار خلال التقاطع .

٤-٣ الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي للطريق :

يجب ألا يكون التصميم في كل من الاتجاه الأفقي والرأسي مستقل عن الآخر لأن كلاً منهما يتمم الأخر **ولو** أسيء الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي فإن ذلك يضر بالمزايا الموجودة فيهما ويحقق ما بهما من عيوب، ونظراً لأن التخطيط الأفقي والرأسي هما أهم العناصر في تصميم الطرق فيجب دراستهما دراسة كاملة إذ إن البراعة في تصميمها والجمع بينهما يزيد الفائدة والأمان ويدعو **إلى انتظام السرعة** ويحسن المنظر ويحقق كل ذلك في غالب الأحيان دون زيادة في التكاليف.

وللجمع السليم بين التخطيط الأفقي والرأسي يجب الاهتمام الشديد بالعوامل التالية :

١. المنحنيات الأفقية والانحدارات الطولية يجب أن يكونا متوازنين حيث إن التخطيط الأفقي المستقيم أو المنحنيات الأفقية المنبسطة مجتمعة مع انحدارات طولية حادة أو طويلة **وكذلك عمل انحناء حاد** للاحتفاظ بانحدار منبسط كلاهما تصميم رديء، والتصميم المنطقي يوفر الأمان الأكثر والسعة والراحة والسلاسة في التشغيل والمظهر الجيد طبقاً للتضاريس الموجودة بالموقع .

٢. نحصل عادة على منظر مقبول عند اجتماع منحنى رأسي مع منحنى أفقي ولكن ينبغي دراسة تأثير **ذلك على حركة المرور**، ويلاحظ أن وجود تغييرات متتالية في القطاع الطولي للطريق دون اقترانها بانحناء أفقي قد يؤدي إلى تواجد سلسلة من قمم المنحنيات التي تبدو لنظر السائق من بعيد.

٣. الانحناء الأفقي الحاد لا يتم وضعه عند قمة منحني رأسي أو بالقرب منها ، لأن هذه الحالة غير مرغوبة بسبب أن السائق لا يمكنه إدراك التغيير الأفقي في التخطيط وخصوصاً في الليل عندما تكون حزم الضوء تنطلق مستقيمة في الفراغ .

٤. يجب ألا يعمل منحنى أفقي عند قاع **منحنى رأسي مقعر بارز وذلك** لأن الطريق أمام السائق يبدو أقصر طولاً من حقيقته.

٥. **الانحناء الأفقي والمسقط** الرأسي يتم وضعهما بشكل مستو قدر الإمكان عند التقاطعات حيث تكون مسافة الرؤية مهمة جداً والسيارات مضطرة للتباطؤ أو التوقف .

٦. في المناطق السكنية يتم تصميم الطريق بحيث يتم تقليص عامل الإزعاج لجيران الطريق وعموماً الطرق المنخفضة تجعل الطرق أقل ضجيجاً.

٧. يتم تصميم الطريق بحيث يحسن المظهر للبيئة الطبيعية المحيطة مثل الأنهار والتكوينات الصخرية والمتنـزهات أو المباني المحيطة .

٤-5 مثال لحساب عناصر المنحنى الأفقي:

- المنحنى الأول :

المعطيات:

- نصف قطر المنحنى .R = 225 m
- زاوية الانحراف .Δ = 30d 49'57"
- محطة بداية المنحنى .PC = 0+624.314

حساب طول المماس :

$$T = R * \tan\frac{\Delta}{2}$$

$$T = 225 * \tan\frac{30d49'57''}{2} = 62.0439\ m$$

$$PC = PI - T$$

$$624.314 = PI - 62.0439$$

$$PI = 983.854m$$

$$L = \frac{® R\Delta}{180}$$

$$L = \frac{® * 225 * (30d49'57'')}{180} = 121.079\ m,$$

$$E = R\ (Sec\frac{\Delta}{2} - 1)$$

$$E = 225\ (Sec\frac{30d49'57''}{2} - 1) = 8.39\ m$$

$$M = R\ (1 - \cos\frac{\Delta}{2}).$$

$$M = 225\,(1-\cos\frac{30d49'57''}{2}) = 8.095\ m$$

$$PT = PC + L.$$

$$PT = 624.314 + 121.079 = 745.393\ m$$

أطوال الأقواس أو الأوتار الجزئية :

نختار أطوالا للقوس الجزئي والأقواس الجزئية الوسطى والقوس الأخير بحيث لا تتعدى المقدار :

$$\frac{R}{20} = \frac{225}{20} = 11.25$$

‘

نختار C = 10 .

طول القوس أو الوتر الجزئي الأول (C1):

$$C1 = 630 - 624.314 = 5.686\ m$$

أما الأقواس الجزئية المتوسطة (C) فيساوي كل منها: 10m وعددها

$$\frac{745.393 - 630}{10} = 11.5393$$

NO. Of C = 11

طول القوس الجزئي الأخير :

$$C2 = 121.079 - (11*10) - 5.686 = 5.393\ m$$

زوايا الانحراف الجزئية :

زاوية الانحراف للنقطة الأولى (d1):

$$d1 = \frac{90 * C1}{\circledR\ R}$$

$$d1 = \frac{90 * 5.686}{\circledR\ 225} = 00d43'26.27''$$

زوايا الانحراف الجزئية لكل من النقاط المتوسطة (d)

$$d = \frac{90 * C}{® \ R}$$

$$d = \frac{90 * 10}{® \ 225} = 01d16'23.66''$$

زاوية الانحراف الجزئية للنقطة الأخيرة (d2):

$$d2 = \frac{90 * C2}{® \ R}$$

$$d2 = \frac{90 * 5.393}{® \ 225} = 00d41'11.97''$$

Check:

$$d1 + 11d + d2 \overset{????}{=} \frac{\Delta}{2}$$

$$00d43'26.27'' + 11(01d16'23.66'') + 00d41'11.97'' = 15d24'58.5''$$

$$\frac{\Delta}{2} = \frac{30d49'57''}{2} = 15d24'58.5''$$

Check is OK

جدول (٤-٣) أطوال الأقواس والأوتار الجزئية ومقادير زوايا الانحراف.

رقم النقطة	طول الوتر (m)	طول القوس (m)	المحطة أو التدريج(m)	زاوية الانحراف الجزئية ° ' "	زاوية الانحراف الكلية ° ' "	زاوية الانحراف الكلية إلى اقرب ٢٠""
PC	-	-	624.314	00d 00’00"	00d 00’00"	00d 00’00"
	٥.٦٨٦	5.686	-	-	-	-
١	-	-	630	00d 43’26.27"	00d 43’26.27"	00d 43’26 "
	١٠	١٠	-	-	-	-
٢	-	-	٦٤٠	01d 16’23.66"	01d 59’49.93"	01d 59’50"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٣	-	-	٦٥٠	01d 16’23.66"	03d 16’13.59"	03d 16’14"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٤	-	-	٦٦٠	01d 16’23.66"	04d 32’37.25"	04d 32’37"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٥	-	-	٦٧٠	01d 16’23.66"	05d 49’0.91"	05d 49’01"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٦	-	-	٦٨٠	01d 16’23.66"	07d 05’24.57"	07d 05’25"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٧	-	-	٦٩٠	01d 16’23.66"	08d 21’48.23"	08d 21’48"
	١٠	١٠	-	-	-	-
٨	-	-	٧٠٠	01d 16’23.66"	09d 38’11.89"	09d 38’12

	١٠	١٠	-	-	-	-
٩	-	-	٧١٠	01d 16’23.66"	10d 54’35.55"	10d 54’36"
	١٠	١٠	-	-	-	-
١٠	-	-	٧٢٠	01d 16’23.66"	12d 10’59.21"	12d 10’59"
	١٠	١٠	-	-	-	-
١١	-	-	٧٣٠	01d 16’23.66"	13d 27’22.87"	13d 27’23"
	١٠	١٠	-	-	-	-
١٢	-	-	٧٤٠	01d 16’23.66"	14d 43’46.53"	14d 43’47"
	٥.٣٩٣	٥.٣٩٣	-	-	-	-
PT	-	-	٧٤٥.٣٩٣	00d 41’11.97"	15d 24’58.5"	15d 24’59"

✓ **ملاحظة** : لقد وجدنا أن الحسابات لهذا المنحنى مطابقة لما هو ناتج عن برنامج (Autodesk) وبناء عليه اعتمدنا باقي الحسابات على نتائج البرنامج وهي موضحة كما يلي :

Horizontal Alignment Curve Report.

Alignment: 100

Tangent Data			
Length: 115.544 Course: S 05-13-17 W			

Circular Curve Data			
Delta: 18-28-02 Type: LEFT			
Radius: 275.000 DOC: 20-50-05			
Length: 88.637 Tangent: 44.706			
Mid-Ord: 3.563 External: 3.610			
Chord: 88.254 Course: S 04-00-44 E			
Es: 3.610			

Tangent Data			
Length: 100.661 Course: S 49-55-36 E			

Circular Curve Data			
Delta: 23-33-33 Type: LEFT			
Radius: 250.000 DOC: 22-55-06			
Length: 102.796 Tangent: 52.135			
Mid-Ord: 5.265 External: 5.378			
Chord: 102.073 Course: S 61-42-23 E			
Es: 5.378			

Tangent Data			
Length: 47.374 Course: S 73-29-09 E			

Circular Curve Data			
Delta: 19-12-12 Type: RIGHT			
Radius: 200.000 DOC: 28-38-52			
Length: 67.032 Tangent: 33.833			
Mid-Ord: 2.802 External: 2.842			
Chord: 66.719 Course: S 63-53-03 E			
Es: 2.842			

Tangent Data			
Length: 30.331 Course: S 54-16-57 E			

Circular Curve Data			
Delta: 30-49-57 Type: LEFT			
Radius: 225.000 DOC: 25-27-53			
Length: 121.079 Tangent: 62.044			
Mid-Ord: 8.096 External: 8.398			
Chord: 119.624 Course: S 69-41-56 E			
Es: 8.398			

Tangent Data			
Length: 268.758 Course: S 85-06-54 E			

Horizontal Alignment Curve Report.

Alignment: 2000

Tangent Data			
Length: 2.864 Course: S 82-23-38 E			

Circular Curve Data			
Delta: 24-01-15 Type: RIGHT			
Radius: 150.000 DOC: 38-11-50			
Length: 62.886 Tangent: 31.912			
Mid-Ord: 3.284 External: 3.357			
Chord: 62.427 Course: S 70-23-00 E			
Es: 3.357			

Tangent Data			
Length: 14.831 Course: S 58-22-23 E			

Circular Curve Data			
Delta: 16-36-39 Type: RIGHT			
Radius: 175.000 DOC: 32-44-26			
Length: 50.735 Tangent: 25.547			
Mid-Ord: 1.835 External: 1.855			
Chord: 50.558 Course: S 50-04-03 E			
Es: 1.855			

Tangent Data			
Length: 1.928 Course: S 45-21-57 E			

Circular Curve Data			
Delta: 30-55-39 Type: LEFT			
Radius: 125.000 DOC: 45-50-12			
Length: 67.473 Tangent: 34.580			
Mid-Ord: 4.525 External: 4.695			
Chord: 66.657 Course: S 60-49-47 E			
Es: 4.695			

Tangent Data			
Length: 25.724 Course: S 76-17-36 E			

٦-٤ مثال لحساب عناصر المنحنى الرأسي:

- المنحنى الأول :

سيتم إيجاد طول المنحنى حسب أقل مسافة للرؤية

إيجاد أقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية :

$$S.D = (0.278 * V * T) + \frac{V^2}{254 * F}$$

V=60 km/h

$P = 6.599\ \%$

$q = 8.041\ \%$

$T = 2.5\ sec$

$F = 0.36$

$N = |p - q|$

$N = 0.06599 - (0.08041) = |-0.01442|$

$N = 0.01442$

$$S.D = (0.278 * 60 * 2.5) + \frac{60^2}{254 * 0.36} = 81m.$$

إيجاد طول المنحنى حسب أقل مسافة للتوقف :

Let L > S.D

$$L = \frac{N * (S.D)^2}{\left[(2H)^{0.5} + (2h)^{0.5}\right]^2}$$

$$L = \frac{0.0144 * (81)^2}{\left[(2 * 1.2)^{0.5} + (2 * 0.1)^{0.5}\right]^2} = 23.705\ m$$

H : ارتفاع عين السائق فوق سطح الطريق وتتراوح بين (١.٢٢-١.١٠)

h : ارتفاع الجسم المرئي عن الطريق وتتراوح بين (٠.١٥ - ٠.١)

Check :

$$R = \frac{L}{N}$$

$$R = \frac{23.705}{0.0144} = 1646.18 \ \ m.$$

وحسب السرعة التصميمية الموجودة لدينا (60) **كم/ساعة فان** R min =123 m **لذلك** R > R min
إذا لا داعي لوضع قيود لتخفيف السرعة .

حساب عناصر المنحنى :

L = 23.705 m

l = 25m

RL of A = 897.267 m

$$RL\ of\ \ P = RL\ of\ \ A + (\frac{l * p}{100})$$

$$RL\ of\ \ P = 897.267 + \ (\frac{25\ \ *\ \ 6.599}{100}) = 898.916m$$

$$RL\ of\ \ B = RL\ of\ \ P + \left(\frac{l * q}{100}\right)$$

$$RL\ of\ \ B = 898.916\ \ +\ \ (\frac{25\ \ *\ \ 8.041}{100}) = 900.926\ m$$

$$RL\ \ of\ \ C = \frac{RL\ of\ \ A + RL\ of\ \ B}{2}$$

$$RL\ \ of\ \ C = \frac{897.267 + 900.926}{2} = 899.097\ m$$

$$CP = RL\ of\ \ C - RL\ of\ \ P$$

$$CP = 899.097 - 898.916 = 0.176\ m$$

$$e = \frac{CP}{2}$$

$$e = \frac{0.176}{2} = 0.088\ m$$

Or

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

$$e = \frac{6.599 + -8.041}{400} * 25 = 0.088\ m$$

لفرض أن طول الوتر الجزئي x=5m

x=5, 10, 15, 20, 25…..50

Chord length = 5 m = 1 unit

L= 50m = 10 units

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

$$y = 0.088\left(\frac{x}{10}\right)^2 = 0.00088\ x^2$$

1. At Ch. Of A = 0+325

x unit =0

y unit = 0.

RL on Tangent = 897.267m

RL on curve =897.267m

2. At Ch = (0+325+ 5) = 0+330m

x unit = 1

$$y \quad offset \ = 0.00088 * (5)^2$$

Y offset =0.022m

RL on Tangent = RL of A + (p%) *(x)

= 897.267+ 0.06599*5 =897.597m

RL on curve = RL on Tangent – y

= 897.597– 0.022 = 897.575m

ونعمل نفس الطريقة لكل الأوتار المتبقية على (Tangent p).

والآن نوضح بعض الحسابات على (Tangent q) :

At Ch = 0+ 375 m

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 900.926m

RL on curve = 900.926m

At Ch. (0+375-5) = 0+370m

x unit = 1

y offset = $0.00088* x^2$

= $0.00088*(5)^2 = 0.022$m

RL on Tangent = RL of B - [(q%) *x]

= 900.926- (0.08014* 5) = 900.525m

RL on curve = RL on Tangent – y

= 900.525- 0.022 = 900.503m

ونعمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا المماس.

إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى :

$$x = \left(\frac{p*L}{q-p}\right) = \left(\frac{6.599*50}{8.014-6.599}\right) = 233.18\ m.$$

وهذه القيمه **بالطبع اكبر من طول المنحى الرأسي** بكامله وواضح انه فيما يتعلق بالمنحى نفسه فإن النقطة ذات المنسوب الاخفض هي النقطه (A) عينها ، أي نقطة التماس الاولى وبالنسبة لمنسوبها فقد سبق ان عيناه ويساوي 897.267 m ونقطة التماس الثانية (B) هي النقطة ذات المنسوب الاعلى والتي تم حساب منسوبها ويساوي 900.926 m.

- ✓ ملاحظة : لقد وجدنا أن الحسابات لهذا المنحنى مطابقة لما هو ناتج عن برنامج (Autodesk) وبناء عليه اعتمدنا باقي الحسابات على نتائج البرنامج وهي موضحة كما يلي :

Vertical Alignment Information

Name: 100

Station Range: 0+000 to 1+014.150

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
1	0+000	875.822	6.599	
2	0+350	898.916	8.041	50.00

Vertical Curve Information: (crest curve)

PVC Station:	0+325	Elevation:	897.267
PVI Station:	0+350	Elevation:	898.916
PVT Station:	0+375	Elevation:	900.927
Grade in (%):	6.599	Grade out (%):	8.041
Change (%):	1.442	K	34.667
Curve Length:	50.00		
Headlight Distance:	Infinte		

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
3	0+800	935.1	9.963	50.00
	Vertical Curve Information: (sag curve)			
	PVC Station:	0+775	Elevation:	933.090
	PVI Station:	0+800	Elevation:	935.100
	PVT Station:	0+825	Elevation:	937.591
	Grade in (%):	8.041	Grade out (%):	9.963
	Change (%):	1.9222	K	26.011
	Curve Length:	50.00		
	Headlight Distance:	611.272		
4	1+003.441	955.369		

Station	Elevation
	Center FG
0+000	875.822
0+025	877.471
0+050	879.121
0+075	880.770
0+100	882.420
0+125	884.070
0+150	885.719
0+175	887.369
0+200	889.019

Station	Elevation
	Center FG
0+225	890.668
0+250	892.318
0+275	893.967
0+300	895.617
0+325	897.267
0+350	899.007
0+375	900.927
0+400	902.937
0+425	904.947
0+450	906.957
0+475	908.967
0+500	910.978
0+525	912.988
0+550	914.998
0+575	917.008
0+600	919.018
0+625	921.029
0+650	923.039
0+675	925.049
0+700	927.059

Station	Elevation
	Center FG
0+725	929.069
0+750	931.079
0+775	933.090
0+800	935.220
0+825	937.591
0+850	940.081
0+875	942.572
0+900	945.063
0+925	947.554
0+950	950.044
0+975	952.535
1+000	955.026

Vertical Alignment Information

Name: 2000

Station Range: 0+000 to 0+226.442

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
1	0+000	903.388	-7.239	
2	0+150	892.531	-1.420	104.736

Vertical Curve Information: (crest curve)

PVC Station:	0+097.632	Elevation:	896.321
PVI Station:	0+150	Elevation:	892.531
PVT Station:	0+202.368	Elevation:	891.787
Grade in (%):	-7.239	Grade out (%):	-1.420
Change (%):	5.819	K	18.000
Curve Length:	104.736		
Headlight Distance:	87.519		

Station	Elevation
	Center FG
0+000	903.388
0+025	901.579
0+050	899.769
0+075	897.959
0+100	896.151
0+125	894.548
0+150	893.292
0+175	892.384
0+200	891.822
0+225	891.466

الفصل الخامس

5

حجم المرور

5-1 حجم المرور .

5-2 إيجاد سماكات طبقات الرصف .

5- ٣ علامات وإشارات المرور

5-٤ علامات المرور .

5-5 إشارات المرور .

الفصل الثامن

٨

علامات وإشارات المرور

٨-١ مقدمة.

٨-٢ علامات المرور.

٨-٣ إشارات المرور.

الفصل الخامس

٥-١ حجم المرور :

٥-١-١ مقدمة:

يساعد تحديد حجم المرور على الطريق على تصميم الطرق بالشكل الصحيح، وهذا تبعا لأهميته في عملية تخطيط وتصميم الطرق و تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.
فإذا كان الطريق مصمما على أرض الواقع يتم حساب حجم المرور اليومي المتوسط (ADT) وحجم المرور الساعي التصميمي (DHV) للمرور في الاتجاهين، ويتم معرفة حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه.
أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور بالرجوع إلى دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الطريق هل هي سكنية صناعية أم زراعية وعلى أساسها نقوم بتصميم الطريق ، و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور.
يقاس حجم المرور على طريق ما بعدد المركبات التي تمر بنقطة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية محددة، ويعتبر من العوامل الرئيسية التي يتوقف عليها التصميم الهندسي للطرق على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا.
ويختلف حجم المرور عن كثافة المرور والتي تعرف على أنها معدل تواجد المركبات علي طول معين من الطريق أثناء لحظة زمنية معينة.
بالإضافة إلى هذا فإنه يجب تحديد نسبة المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة وخاصة للاتجاه السائد الذي يتراوح عادة بين (٥٠-٦٠)% من حجم المرور الكلي للاتجاهين.

٥-١-٢ الهدف من دراسة أحجام المرور :

تهدف دراسة أحجام المرور إلى الحصول على بيانات فعلية عن حركة المركبات والأفراد في منطقة معينة أو نقط محددة علي شبكة الطرق، ونظراً لأن أحجام المرور لا تكون موزعة بالتساوي خلال ساعات اليوم فإنه يتم تصميم كافة عناصر الطريق والمرور علي أساس استيعاب أحجام المرور أثناء ساعة الذروة أو أثناء أعلى فترة.

٥-١-٣ مفاهيم أساسية :

١. المتوسط السنوي لحجم المرور اليومي Annual Average Daily Traffic (AADT):

هو إجمالي حجم المرور اليومي خلال سنة مقسوماً علي عدد أيام السنة (وحدة القياس هي "مركبة / يوم"). ويمكن استخدام إجمالي حجم المرور السنوي في التعرف علي اتجاهات النمو في أحجام المرور وحساب معدلات الحوادث وتقدير العائد الإقتصادي لمستخدمي الطريق.

حجم المرور اليومي المتوسط = حجم المرور السنوي ÷ 365.

٢. حجم المرور اليومي المتوسط Average Daily Traffic (ADT) :

هو إجمالي حجم المرور اليومي المقاس خلال فترة زمنية معينة (أكثر من يوم وأقل من سنة) مقسوماً علي عدد أيام حصر المرور.(وحدة القياس "مركبة / يوم") .

٣. حجم المرور الساعي التصميمي:

يتم تحديد حجم المرور الساعي التصميمي بعمل منحنيات بين عدد الساعات التي تتساوى فيها كمية المرور كمحور أفقي وحجم المرور كنسبة مئوية من متوسط المرور اليومي كمحور رأسي.

٤. حجم المرور المستقبلي:

يزداد حجم المرور يوماً بعد يوم مع زيادة العمران وعدد السكان وعليه فإنه يجب مراعاة الزيادة المستقبلية في كمية المرور عند تصميم قطاع الطريق وأيضا مراعاة ما يلي:

- حجم المرور الحالي على الطريق
- الزيادة الطبيعية في عدد المركبات الناتجة عن الزيادة في عدد السكان والتطورات الاقتصادية والسياحية والزراعية والصناعية للمنطقة.
- **حجم المرور** الناتج عن إنشاء الطريق.

إن الفترة الزمنية التي يتم التصميم على أساسها تعتمد على نسبة الزيادة في عدد المركبات وكما تعتمد على طبيعة المنطقة ونسبة الإقبال عليها مع مرور الزمن وعادة تكون هذه الفترة الزمنية من (10- 20)**سنة** .
إن التصميم على أساس حجم المرور اليومي المتوسط دون الأخذ في الاعتبار فترات الذروة قد يؤدي إلى **الاختناق في المرور عندساعات الذروة**، كما أن تصميم أي طريق بحيث لا يكون مزدحماً على الإطلاق لن يكون اقتصاديا وعليه فإنه يجب اختيار حجم المرور التصميمي بعد دراسة مفصلة ودقيقة.
ويحسب حجم المرور التصميمي من العلاقة التالية:

$$V_D = Vn\,(1 + e)^n \quad \text{..... (5-1)}$$

حيث :

- V_D : حجم المرور اليومي التصميمي.
- Vn : **حجم المرور الحالي**.
- e : معدل الزيادة السنوي في حجم المرور.
- n : **عدد السنوات**.

✓ العوامل الأساسية التي تحكم سريان المرور هي حجم المرور (V) و وحدته عربة في الساعة، و السرعة (S) و وحدتها كيلومتر في الساعة، والكثافة (D) ووحدتها مركبة في الكيلومتر.

$$V = D * S \quad \text{..... (5-2)}$$

5. سعة 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.
وتتوقف 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 (5-١) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات (AASHTO).

وتتأثر السعة بعدة عوامل منها:

- التخطيط الأفقي والرأسي: حيث تتسبب المنحنيات الأفقية الحادة والمنحنيات الرأسية القصيرة في تقليل سرعة الطريق وذلك يؤدي إلى تخفيض السعة.
- عرض الحارة: تتسبب الحارات والأكتاف الضيقة والعوائق على حافتي الطريق في تخفيض سعة الطريق.
- مركبات الثقل: تقل مركبات الثقل من سعة الطريق وذلك بسبب تأثيرها على حركة المرور.

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)

جدول(5-١) سعة الطريق حسب مواصفات (AASHTO).

٥-١-٤ عربات التصميم:

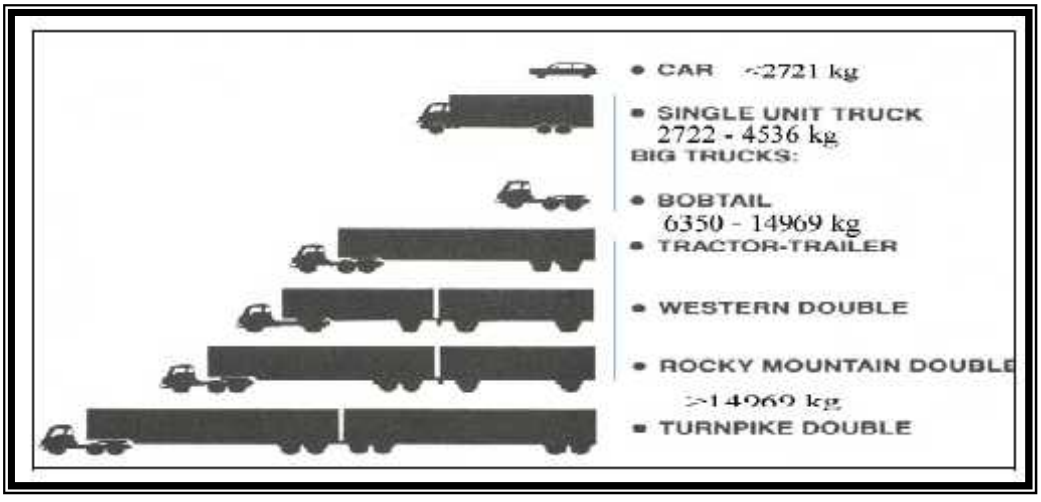
هناك عدة أنواع من المركبات التي تسير على الطريق منها السيارات الخاصة وحافلات النقل والشاحنات الصغيرة والشاحنات الكبيرة وتختلف هذه المركبات عن بعضها بأبعادها وأحجامها وأوزانها، وعليه يلزم معرفة خصائصها لكي تأخذ بعين الاعتبار أثناء تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق، ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور وتشمل هذه الخصائص:

- الطول الكلي للمركبة.
- العرض الكلي للمركبة.
- ارتفاع المركبة.
- وزن المركبة.
- قدرة المركبة.
- البعد بين العجل الأمامي والخلفي للمركبة.
- البعد بين مقدمة المركبة والعجل الأمامي.
- البعد بين مؤخرة المركبة والعجل الخلفي.

وقد بينت الدراسات أن للشاحنات تأثيراً كبيراً على رصف الطريق ويزداد تأثيرها كلما زاد ثقلها ، فمن هنا كان لا بد من التعمق في دراسة أنواع مركبات النقل من حيث أبعادها وعدد محاورها ومدى تأثيرها على الرصف، ويبين جدول (٥-٢) الأبعاد الرئيسة للعربات الخاصة ومركبات النقل حسب مواصفات (AASHTO) ، والشكل (٥-١) يبين الأحمال الواقعة على محاورها.

البعد	عربة خاصة	عربة نقل مسافرين	عربة نقل تجارية (بمقطورة)
الطول الكلي (m)	5.8	12.1	16.7
العرض الكلي (m)	2.1	2.6	2.6
الارتفاع (m)	1.3	4.1	4.1
البعد بين العجل الأمامي والخلفي (m)	3.4	7.6	6.1
البعد بين مقدمة العربة والعجل الأمامي(m)	0.9	1.2	0.9
البعد بين مؤخرة العربة والعجل الخلفي(m)	1.5	1.8	0.6

جدول (٥-٢) الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات (AASHTO).



شكل (٥-١) أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها.

٥-١-٥ تعداد المركبات:

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

١. عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من اجل تحديد ساعات وأيام الازدحام.
٢. حجم المرور اليومي المتوسط (Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام .
٣. المتوسط السنوي لحجم المرور اليومي (Annual Average Daily Traffic).
٤. عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume).

٥-١-٥-١ فترات التعداد:

إن إجراء التعداد على فترات مختلفة أمر في غاية الأهمية، وذلك من اجل الحصول على معلومات دقيقة يتم التصميم على أساسها ويمكن وضع فترات للتعداد كما يلي:

- تعداد في ساعات الازدحام.
- تعداد في ساعات مختلفة من اليوم.
- تعداد في أيام العطل.
- تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.

٥-١-٥-٢ أنواع التعداد على الطريق:

- تعداد يجري على الطريق.
- تعداد يجري على التقاطعات.
- تعداد تصنيفي حسب أنواع المركبات.

٥-١-٥-٣ طرق حصر (تعداد) المرور :

١. **العد الميكانيكي:**

تعتبر هذه الطريقة هي الأكثر تطورا وأسهل الطرق في عملية تعداد المركبات فهي لا تحتاج إلى جهد كبير حيث أنها تعتمد على الأجهزة الكهربائية و الكاشفات والكوابل الكهربائية التي توضع على الطريق، ولكن مهما بلغت دقة هذه الأدوات العصرية الحديثة, فإن فيها سيئات لا تخدم المهندس المصمم إذ تحتاج إلى صيانة مستمرة وكذلك لا تقوم بالتمييز بين حافلة و شاحنة وهذا الأمر يؤثر في حساب عدد المسارب أو عرض الطريق .

و يستخدم هذا النوع كثيرا في الحالات التي تتطلب فيها حصر لأعداد المركبات لفترات طويلة أو بشكل مستمر.

٢. **العد اليدوي** :

وهي الطريقة المثالية لحصر أعداد المركبات و عدد الركاب و ذلك في حالة وجود مسارب متعددة و حجم مرور كبير حيث يقف الراصد عند محطة الرصد المحددة فيقوم بتدوين كل سيارة واتجاهها ويفضل أن يكون معه جداول ليتم التعداد بسرعة و بدقة أكبر، وفي الوقت ذاته يقوم بتصنيف السيارات إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة والدقة ولكنها بالمقابل تحتاج إلى فريق عمل كبير.

٣. **العد بطريقة المركبة المتحركة :**

حيث تقوم هنا عربة متحركة على قطاع محدد خلال فترة زمنية محددة و بداخلها شخص يقوم بتعداد السيارات المارة في عكس اتجاه الحركة والعربات التي يتم التجاوز عنها بذلك يجب السير في عكس اتجاه المرور و مع اتجاه المرور مرة أخرى .

✓ ملاحظة :

- 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) .

- وبالنسبة لطريق (حلحول – خارس) لا يوجد مرور حالي فقمنا بالاستعانة بدراسة سابقة لطريق (حلحول – نوبا) وهو مشابه له في معظم ظروفه من حيث السرعة و الطبوغرافية و الغرض الذي يؤديه الطريق وقد حصلنا على النتيجة التالية:

- معدل المرور اليومي (A.D.T) = 3360 مركبة لكل يوم/اسبوع .

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

D.H.V = K*(A.D.T)……...…….(5-3)

Where K= Constant between (0.12 – 0.24)

ولحساب عدد المسارب لاستيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي خلال فترة زمنية (20سنة) ، يتم ضرب معدل المرور اليومي الحالي في معامل الزيادة (Peak Factor =2.5).

كما ذكرناسابقا بأن السعة التصميمية عبارة عن أقصى عدد من المركبات يمكن أن تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف الموجودة فعلاً وتتراوح قيمتها بين (1200-700مركبة/ساعة) ، وتعتمد هذه القيمة على مقدار السرعة التصميمية للطريق .

كما تعتمد أيضا على درجة الطريق وبشكل عام فإن معظم الطرق في الضفة الغربية تكون من الدرجة الثالثة، وقد تم اعتماد السعة التصميمية (850 مركبة/ساعة).

- A.D.T = 3360 Vehicle / day.

- $A.D.T_{(After\ 20\ years)}$ = 3360 *2.5 = 8400 Vehicle / day .
  (Where 2.5 is the peak factor) .

- D.H.V = K*(A.D.T)
  D.H.V = 0.16 * 8400 = 1344 V.P.H.

- No. Of lanes 1344/850 = 1.6 Lanes=2 lanes.

- One Lane for each Direction.

٥-٢ إيجاد سماكات طبقات الرصف:

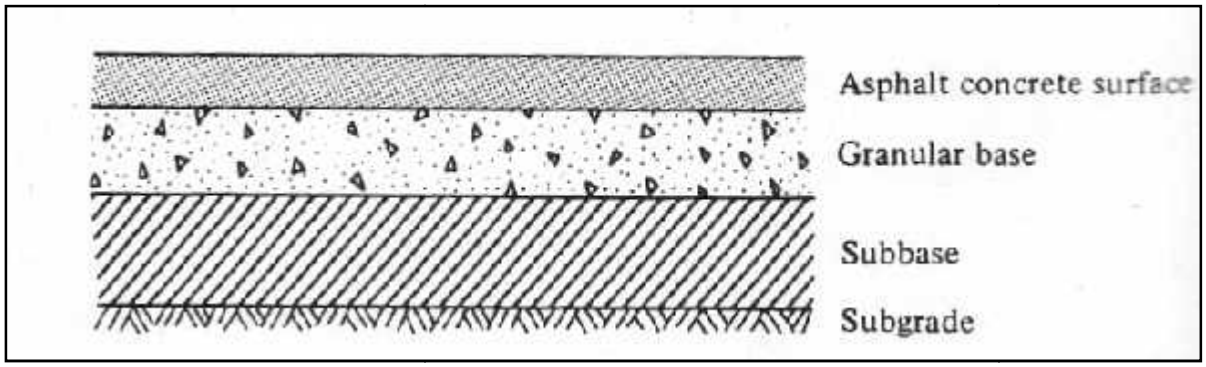
تنقسم أنواع الرصف إلى نوعين رئيسين وهما:

١. **الرصفة القياسية (Rigid Pavement) :**

وهي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (30 – 15)سم ، بحيث يتم صبها على الطريق **أو على أساس حصوي** الذي يتم 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**.

٢. **الرصفة المرنة (Flexible Pavement) :**

وهي التي تكون ملاصقة لسطح الطريق الترابي، مهما اتخذ هذا **السطح من أشكال** وتعرجات.
والشكل التالي (٥- ٢) يبين عناصر الرصفة المرنة:



شكل (٥-٢)طبقات الرصفة المرنة

٥-٢-١ حساب سمك الطبقات :

اعتمدنا في حساب سمك طبقات الرصف على طريقة Asphalt institute method type III :

✓ ملاحظة:

نسب السيارات **والحافلات والشاحنات المارة** أخذت من دراسة سابقة داخل مدينة حلحول (حصلنا عليها من بلدية حلحول) **فكانت النسب كالتالي** :

- متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد للسيارات = 766 **مركبة**.
- متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد **للشحن** = 47 **مركبة**.
- متوسط عدد المركبات الكلي لليوم **الواحد للحافلات** = 28 **مركبة**.

مجموع متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد **الكلي** = ٧٦٦+٤٧+٢٨= ٨٤١ .

نسبة السيارات = ٧٦٦ / ٨٤١ ×١٠٠ = ٩١ %.

نسبة الباصات = ٢٨ / ٨٤١ ×١٠٠ = ٣ %.

نسبة الشاحنات = ٤٧ / ٨٤١ ×١٠٠ = ٦ %.

- Passenger cars = 91 %
- axle single-unit busses = 3%
- axle tractor- semitrailers trucks = 6%

When truck factors are used the ESAL for each category of truck is given as:

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times fi \quad \text{.....(5-4)}$$

Where:

- 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.

- يتم الحصول على قيمة f_d من الجدول التالي:

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

جدول(3-5) نسبة المركبات في المسرب الواحد

يتم الحصول على قيمة growth factor (G_f) من الجدول (5-4) :

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

جدول(5-4) معامل النمو (Growth factor)

- ✓ عند تصميم أي طريق يتم على اعتبار أن صلاحية الطريق تؤخذ عادة 20سنة مستقبلا وتوقع نسبة الزيادة السنوية ٢% فتكون قيمة (G_f =24.30%) (جدول ٥-4).
- ✓ f_d = ٥٠% (2 lanes) (جدول ٥-3).
- ✓ AADT = ٨٤١ .

نحسب قيمة ESAL لكل نوع من أنواع المركبات حسب المعادلة (4-٥) على حده ومن ثم تجمع القيم لنحصل على Total ESAL كما يلي :-

$$ESAL_{bus} = 0.5 \times 24.30 \times 841 \times 365 \times 0.03 \times 0.19 = 21258.86108$$

$$ESAL_{truck} = 0.5 \times 24.30 \times 841 \times 365 \times 0.06 \times 0.91 = 203637.5114$$

$$ESAL_{total} = 224896.3725$$

- ✓ Truck factor is 0.19 for bus and 0.91 for truck. (from table 5-5)

Vehicle Type	Truck Factors											
	Rural Systems						Urban Systems					
	Interstate	Other Principal	Minor Arterial	Collectors Major	Collectors Minor	Range	Interstate	Other Freeways	Other Principal	Minor Arterial	Collectors	Range
Single-unit trucks												
2-axle, 4-tire	0.003	0.003	0.003	0.017	0.003	0.003–0.017	0.002	0.015	0.002	0.006	—	0.006–0.015
2-axle, 6-tire	0.21	0.25	0.28	0.41	0.19	0.19–0.41	0.17	0.13	0.24	0.23	0.13	0.13–0.24
3-axle or more	0.61	0.86	1.06	1.26	0.45	0.45–1.26	0.61	0.74	1.02	0.76	0.72	0.61–1.02
All single units	0.06	0.08	0.08	0.12	0.03	0.03–0.12	0.05	0.06	0.09	0.04	0.16	0.04–0.16
Tractor-semitrailers												
4-axle or less	0.62	0.92	0.62	0.37	0.91	0.37–0.91	0.98	0.48	0.71	0.46	0.40	0.40–0.98
5-axle**	1.09	1.25	1.05	1.67	1.11	1.05–1.67	1.07	1.17	0.97	0.77	0.63	0.63–1.17
6-axle or more**	1.23	1.54	1.04	2.21	1.35	1.04–2.21	1.05	1.19	0.90	0.64	—	0.64–1.19
All multiple units	1.04	1.21	0.97	1.52	1.08	0.97–1.52	1.05	0.96	0.91	0.67	0.53	0.53–1.05
All trucks	0.52	0.38	0.21	0.30	0.12	0.12–0.52	0.39	0.23	0.21	0.07	0.24	0.07–0.39

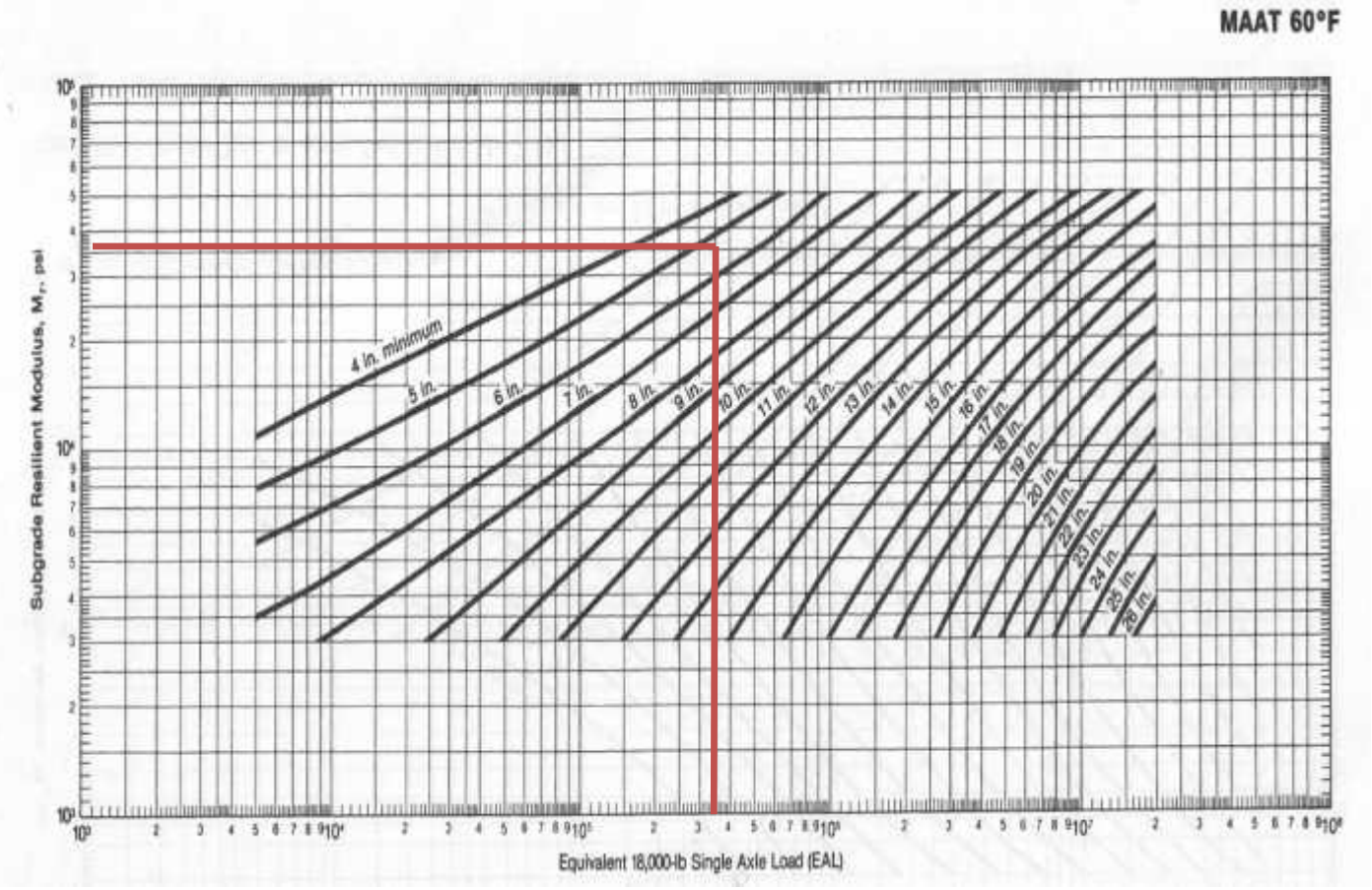
Note: Compiled from data supplied by the Highway Statistics Division, Federal Highway Administration.
*Including full-trailer combinations in some states.
**For values to be used when the number of heavy trucks is low, see original source.
SOURCE: *Thickness Design—Asphalt Pavements for Highways and Streets*, Manual Series No. 1, The Asphalt Institute, Lexington, Ky., February 1991.

جدول(٥-٥) Truck factor

نحسب معامل الرجوعية Mr والذي يعتبر مقياساً لمقاومة أي طبقة من طبقات القطاع الإنشائي للرصف **حسب** المعادلة التالية:

$$Mr = 1500 \times 25 = 37500$$

الآن من الشكل (٥ - ٣) يمكن تحديد سمك الطبقات:



شكل (٥-٣) تحديد سمك الطبقات

تحليل النتائج:

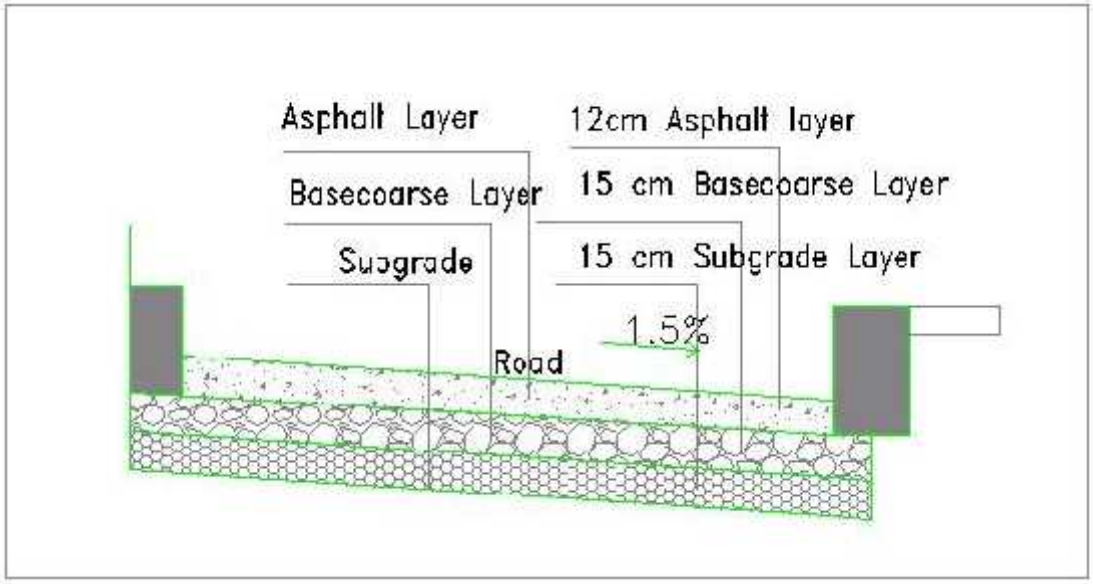
سمك طبقة الإسفلت = ٢ **سم**.

سمك طبقتي ل Base coarse **و ل** Sub grade = ٣٠ سم وهي قيمة ثابتة **عند استخدامنا**

. Asphalt institute method type ш

في الملحق رقم (5) تقرير برنامج Asphalt institute وكانت نتائج البرنامج مساوية للنتائج المحسوبة .

والشكل التالي يوضح سمك الطبقات :



الشكل (٥-٤) قطاع تفصيلي لطبقات رصف الطريق

5- ٣ علامات وإشارات المرور :

5-٣-١ مقدمة :

يجب الاهتمام بوضع إشارات وعلامات المرور بعد الانتهاء من تصميم الطريق لما لها من أهمية كبيرة في تنظيم وانسياب حركة المركبات على الطريق.

5-٤ علامات المرور:

وهي عبارة عن خطوط متصلة أو متقطعة، مفردة أو مزدوجة يمكن أن تحمل اللون الأبيض أو الأسود أو الأصفر، كما يمكن أن تكون أسهما أو كتابة كلمات وممكن أن تكون على طرف الشارع أو في المنتصف.

5-٤-١ أهمية علامات المرور :

وجود علامات المرور على الطريق له أهمية كبيرة و أهداف عديدة منها:

١- تحديد المسارب وتقسيمها.
٢- فصل السير الذاهب عن القادم.
٣- منع التجاوز في المناطق الخطرة.
٤- منع الوقوف في المناطق التي لا يجوز فيها ذلك.
5- تحديد أماكن عبور المشاة.
٦- تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
٧- تحديد مواقف السيارات.
٨- تعيين الاتجاهات بالأسهم لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.

٥-٤-٢ الشروط الواجب توفرها في علامات المرور :

تنظم علامات المرور حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم، لذلك يجب ان يراعى فيها ما يلي:

١. أن يتمكن السائق من رؤيتها في كافة الظروف سواء كانت ليلا أو نهارا .
٢. أن تكون فيها الألوان منسجمة مع بعضها البعض و ملفتة للانتباه .
٣. أن تخدم الطريق أطول فترة ممكنة و تكون من مواد جيدة مقاومة للعوامل البيئية.
٤. أن يتمكن كافة مستخدميها من فهمها مع اختلاف مستواهم العلمي "سهلة الفهم".
٥. أن تكون هذه العلامات مرئية وواضحة من مسافة كافية حتى تحمي مستخدميها.

٥-٤-٣ أنواع علامات المرور :

١. **الخطوط :**

تكون الخطوط بعرض 10 سم أو أكثر وهي إما متصلة أو متقطعة، حيث أن المتقطعة تستخدم لفصل المسارب و فصل السير في الاتجاهين، أما المتصلة تستخدم لفصل السير و منع التجاوز في آن واحد.
على سبيل المثال إذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب، يوضع خطان بحيث يكون الخط المتصل من جهة السير الذاهب و المتقطع من جهة السير القادم.

٢. **الكلمات:**

تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو اتجه يمينا و غير ذلك و يجب أن تكون الكلمة كبيرة ليتسنى قراءتها، وأن لا تزيد عن كلمة أو كلمتين حتى لا يفقد السائق السيطرة على المركبة نتيجة انتباهه لقراءة اللافتة، كما يجب أن تكون الأحرف مناسبة لموقع السائق.

٣. **الأسهم :**

قد تستعمل الأسهم بدلا عن الكلمات أو مع الكلمات كسهم يتجه رأسه لليمين مع كلمة اتجه لليمين.

٤. **اللون:**

يستعمل اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب ويستعمل اللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات، إلا أنه يجب الاهتمام بتوافق لون الخط مع أرضية الطريق.

٥. **المواد العاكسة:**

تستعمل بعض المواد التي تساعد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب، حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة، و يمكن الاستفادة من بعض أنواع الركام و خاصة على الأكتاف لتأمين لون مخالف للون مسرب الطريق و هذا ضروري في الليل لكي يبين حدود المسرب.

٥-٥ إشارات المرور:

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

٥-٥-١ مواصفات إشارات المرور :

يجب أن تكون للإشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها فالإشارة يجب أن تكون واضحة **للسائق و** تشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة كما يجب أن تكون الكتابة على الإشارة واضحة و مفهومة للسائق لكي يتصرف طبقا للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق .
و حتى يتحقق ذلك لابد من الانتباه إلى الأمور الرئيسية التالية في **الإشارة** :

١. **أبعاد الإشارة :**

كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة تحسنت رؤية السائق لها.

٢. **تباين الألوان في الإشارة :**

من المهم جدا أن تكون الألوان في الإشارة متباينة و ذلك لكي تكون مميزة بالنسبة للمنطقة المحيطة بها و كذلك كي تكون الكتابة أو أي رمز واضح و مميز بالنسبة للإشارة و يتم الحفاظ على هذا العنصر باستخدام خصائص الألوان كأن تكون الكتاب على اللوحة فاتحة و خلفية اللوحة بلون غامق على أن تختلف أيضا لون اللوحة عن البيئة المحيطة حتى تكون واضحة (التباين باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعان مختلف).

٣. **الشكل :**

يجب أن تكون الإشارات منتظمة الشكل تتناسب مع الهدف الذي وضعت من أجله.

٤. **الكتابة :**

تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل منها نوع الكتابة وحجم الأحرف وسماكة الخط و الفراغات بين الكلمات والأسطروعرض الهامش و يجب أن نختار الكتابة التي تناسب ذلك.

٥-٥-٢ الرؤية في الليل :

لأن الإشارة مهمة للسائق في الليل والنهار فإنه لا بد من تأمين الإضاءة أو جعلها عاكسة للأضواء بحيث يراها السائق ليلا نهارا وقد يستخدم أنواعاً من العواكس تثبت على الإسفلت ليستدل السائق بها على حدود الطريق.

٥-٥-٣ أنواع الإشارات :

١. **إشارات المنع :** وهي الإشارات التي تأمر السائق بالعمل بها وإلا يعرض لعقوبة القانون و تتميز باللون الأحمر، على سبيل المثال ممنوع المرور و تكون مستديرة الشكل.

٢. **إشارات التعليمات (التوجيه):** مثل مكان وقوف، استراحة، وتكون مربعة أو مستطيلة الشكل.

٣. **إشارات إرشادية**، يجب استعمالها على التقاطعات.

٤. **إشارات التحذير :** كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر و تكون هذه الإشارات مثلثة الشكل.

٥. **إشارات الأوامر :** على سبيل المثال (قف، هدئ السرعة، و غير ذلك) **وتكون مس**تديرة الشكل أو مسدسه.

٦. **إشارات الطوارئ :** توضع إشارات مؤقتة عند وقوع حوادث أو تعطل سيارات أو وجود ضباب وهذه الإشارات تكون متنقلة ويؤمن لها إضاءة كافية من بطاريات خاصة.

✓ يوجد توضيح لأشكال علامات وإشارات المرور في الملحق (٤).

الفصل السادس

٦

التصميم الإنشائي

٦-١ مقدمة.

٦-٢ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.

الفصل السادس

التصميم الإنشائي

٦-١ مقدمة :

مع تزايد أهمية شبكات الطرق وتكلفتها العالية استوجب تطوير عدة أساليب لتصميم رصفات الطرق آخذة بالاعتبار سلوك التربة ومواد الرصف تحت تأثير الأحمال الكبيرة والتأثيرات المناخية والبيئية المختلفة.
يعمل التصميم الإنشائي للطريق على إيجاد مواصفات ومكونات طبقات الرصف ومنها تحديد سماكاتها وذلك بالاعتماد على نتائج الفحوصات المخبرية وعلى حجم المرور على الطريق.

٦-٢ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة :

٦-٢-١ تجربة بروكتور (Proctor Compaction Test) :

٦-٢-١-١ مقدمة:

يمكن التعرف على كثير من صفات وخصائص التربة من خلال معرفة كثافتها، ومن أجل تحسين خصائص التربة يجب زيادة كثافتها وتثبيتها بعملية الرص بآلات الرص المختلفة.
كما أن نسبة الماء الموجودة في التربة أثناء عملية الرص لها تأثير كبير على الكثافة المطلوبة لهذه التربة حيث انه كلما زادت نسبة الماء في التربة فإن كثافتها تزداد و أنه بعد الوصول إلى حد معين تبدأ الكثافة بالقصان تدريجيا وعند هذه النقطة نحصل على قيمة الكثافة العظمى (Maximum dry density) .
إن نسبة الماء التي تعطي أعلى كثافة جافة (الكثافة الجافة العظمى) سميت بنسبة الماء المثالية عند الرص (Optimum moisture content).

٦-٢-١-٢ الهدف:

تهدف التجربة إلى إيجاد أعظم كثافة لهذه التربة كما تهدف إلى إيجاد نسبة الماء المثالية للتربة و ذلك أثناء عملية الرص لهذه العينات.

٦-٢-١-٣ تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test):

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

٦-٢-١-٤ الأدوات المستخدمة:

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

٦-٢-١-٥ 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 4".

٤. بناءاً على نسبة الرطوبة التي تم حسابها توضع كمية من الماء على العينة بحيث تصبح رطبة وتخلط بالمسطرين ثم تأخذ كمية وتوضع في قالب بروكتور وتدمك بمطرقة بروكتور بوضعها على العينة وسحبها بكامل طولها ثم تترك لتسقط نتيجة لثقلها كما يجب أن تصل المطرقة الى جميع أجزاء سطح العينة ، تكرر بحيث نقوم ب 25 ضربة على الثلاث طبقات.

٥. يزال غطاء قالب بروكتور ويمسح ما يزيد عن وجهة القالب من العينة المرصوصة باستعمال أداة غير حادة (spatula) ويسوى سطح القالب.

٦. تزن العينة مع القالب ويسجل الوزن .

٧. تزال العينة من القالب بالإزميل أو باستعمال جهاز إخراج العينات.

٨. 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 .

٩. تعاد العينة إلى وعاء الخلط وتحرك جيداً وتزاد كمية الماء في العينة ثم يملأ القالب مرة ثانية وتعاد الخطوات السابقة .

١٠. تكرر العملية وفي كل مرة تزيد فيها نسبة الماء حتى يبدأ وزن القالب مع العينة بالقصان.

٦-١-٢-٦ الحسابات:

- **نسبة الرطوبة** = **وزن الماء** ÷ وزن العينة جافة.
- **وزن الماء** = وزن الجفنة مع العينة رطبة – وزن الجفنة مع العينة جافة.
- وزن العينة جافة = وزن الجفنة مع العينة جافة – **وزن الجفنة**.
- **الكثافة الرطبة** = وزن العينة رطبة ÷ حجم العينة (حجم العينة = **حجم قالب بروكتو** = 2124 cm^3).
- **الكثافة الجافة** = **الكثافة الرطبة** ÷ (1+ **نسبة الرطوبة**).

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

❖ والجداول التالية تبين القراءات التي أخذت من التجربة والحاسبات التي أجريت لإيجاد **نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لطبقة** Sub grade.

Test No.	1	2	3	4	5
Can No.	C1	D16	A7	C2	E3
Weight of can (gm)	26.4	31.53	32.16	30.88	30.8
Wieght of can + moist soil(gm)	135.4	181.4	158.0	159.0	177.7
Weight of can + dry soil (gm)	128.91	165.7	139.9	135.8	147.65
Moisture content (%)	6.3	11.6	16.7	22	25.7

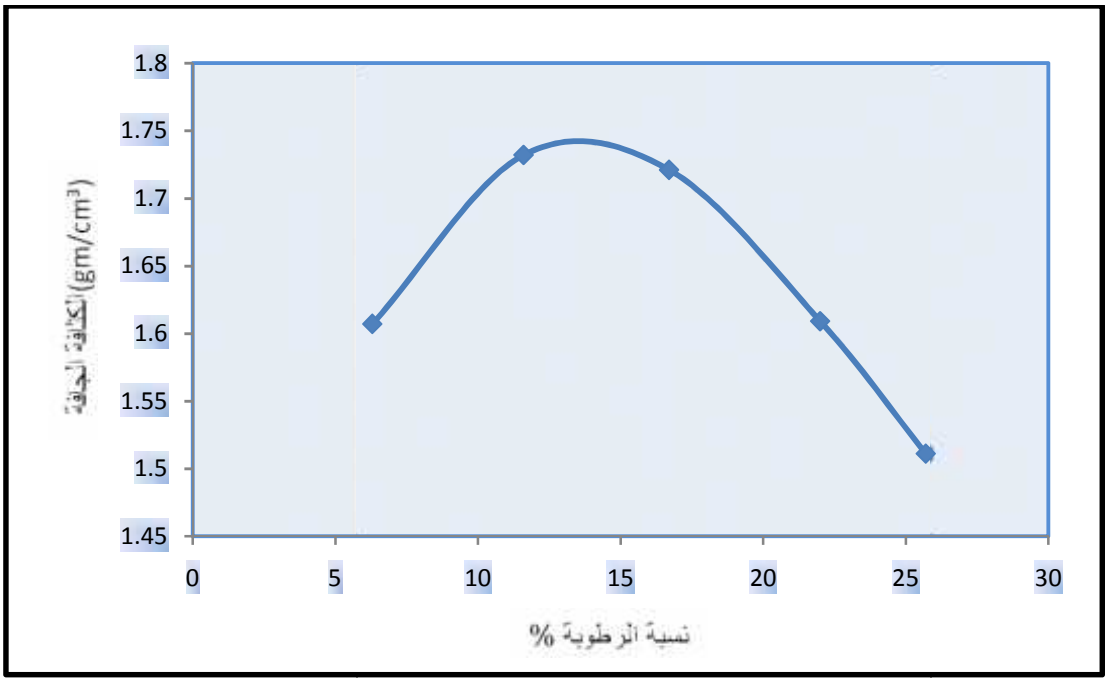
جدول (٦ - ١) تحديد نسبة الرطوبة

Test No.	Weight of mold (gm)	Weight of mold + moist soil (gm)	Weight of moist soil (gm)	Moist unit weight (gm/cm³)	Moisture content (%)	Dry unit weight (gm/cm³)
1	5116	8742	3626	1.707	6.3	1.607
2	5116	9224	4108	1.934	11.6	1.732
3	5116	9360	4244	1.998	16.7	1.712
4	5116	9288	4172	1.964	22	1.609
5	5116	9162	4046	1.900	25.7	1.511

جدول (٦-٢) حساب الكثافة الجافة

مثال توضيحي لطريقة الحل:

- (test # 1).
- **إرتفاع القالب** = 11.65 **ملم**.
- **قطر القالب** = 152.6 **ملم**.
- **حجم القالب** = (D²л / 4) × **الإرتفاع** = 2124**سم**³.
- حجم العينة = **حجم القالب** .
- **الكثافة الرطبة** = **كتلة التربة الرطبة** ÷ **حجم القالب** = 3626 ÷2124 = 1.707**غم/سم**³ .
- **نسبة الرطوبة** = **وزن الماء** ÷ وزن العينة الجاف = 6.49÷ 102.51 = 6.3% .
- **الكثافة الجافة** = **الكثافة الرطبة** ÷(١+**نسبة الرطوبة**) = 1.707 ÷(1+0.063) = 1.607 **غم/سم**³.



شكل (٦ - ١) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة

٦-٢-١-٧ النتائج:

❖ **للشكل السابق (٦-١)** يوضح العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لطبقة الأساس ومنه **استطعنا الحصول** على نسبة الماء المثالية والتي تكون عند قيمة أقصى كثافة جافة وكانت النتائج كالتالي:

- أقصى كثافة جافة (maximum density) = 1.73 gm/cm³ .
- نسبة الماء المثالية (Optimum moisture content) = 13 % .

٦-٢-٢ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio Test) :

٦-٢-٢-١ مقدمة :

تجرى تجربة الـ CBR لمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس إسطواني وذلك يتم عندما نسلط عليه قوة منتظمة لكي تحدث هذا الغرز.

لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لإحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية ، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20ملم.

٦-٢-٢-2 الهدف :

تهدف التجربة إلى إيجاد نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) لطبقات الرصفة من أجل معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس (Base) أوطبقة أساس مساعد (Sub-Base) .

٦-٢-٢-٣ الأدوات المستخدمة :

١. منخل رقم 20 ملم (3/4") .
٢. قالب معدني اسطواني قطرة الداخلي 152 mm وارتفاعه الداخلي 178 mm مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة إضافية ارتفاعها 61.5 mm توضع في حالة تعبئة القالب أثناء الرص.
٣. مكبس اسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963 mm^2 وطول 250 mm .
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 4.54 kg (10باوند).
٦. ميزان يزن لغاية 25 كغم .
٧. جهاز إخراج العينات.

٦-2-٣-٤ 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 تضرب 10 ضربات بواسطة مطرقة بروكتور المعدلة (وزن 4.5 كغم وارتفاع هبوطها 45.8cm)، 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 :٣٠ ضربة لكل طبقة .

القالب الثالث : 65 ضربة لكل طبقة.

٥. يوضع القالب الأول في جهاز الغرز محتويا على العينة مع وجود القاعدة وسطح العينة إلى الأعلى ، وعن طريق غرز المكبس بمعدل1 ملم/دقيقة يتم تسجيل الحمل عند غرز مقداره (0.5-١-١.٥-٢-٢.٥-٣-٣.٥-٤-٤.٥-٥-٥.٥-٦-٦.٥-٧-٧.٥-٨-٨.٥-٩-٩.٥-١٠-١٠.٥-١١-١١.٥-١٢) ملم ، واثناء الغرز يجب وضع قرص دائري فوق المادة الجاري تجربتها وثقل هذا القرص يعادل سمك الرصف المنتظر فوق هذه المادة قي الطبيعة .

٦. تعاد الخطوة رقم ٥ والخطوة رقم ٦ للقالب الثاني والثالث .

٦-٢-٢-٥ الحسابات :

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

- الجدول التالي يعطي البيانات الخاصة بتجربة ال CBR على الأحجار المكسرة القياسية :

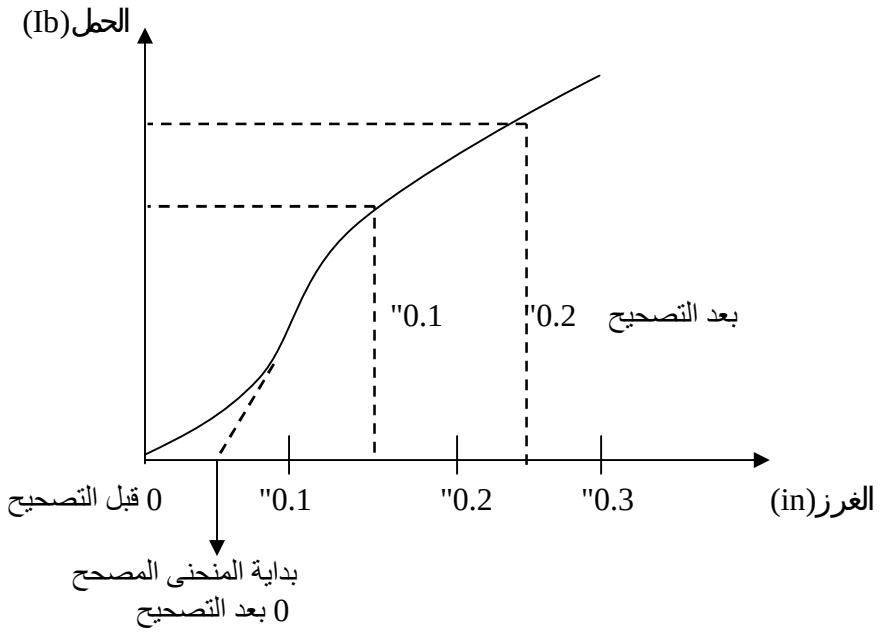
مقدار الاختراق(الغرز)		الحمل القياسي	
(ملم)	(إنش)	(كغم)	(باوند)
2.5	0.1	1370	3000
5	0.2	2055	4500
7.5	0.3	2630	5800
10	0.4	3180	7000
12.5	0.5	3600	7900

جدول (٦-٣) قيمة الحمل المسبب لاختراق العينة القياسية

- تؤخذ قيمة ال CBR لكل من طبقة Sub Grade وطبقة Sub Base وطبقة Base Coarse عند الـ ٦٥ ضربة لتدخل في عملية التصميم الانشائي للطريق.

✓ **ملاحظة** :

يكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرز وقيمة الحمل المناظر لذلك الغرز متحدباً من الاعلى، 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** CBR منه .

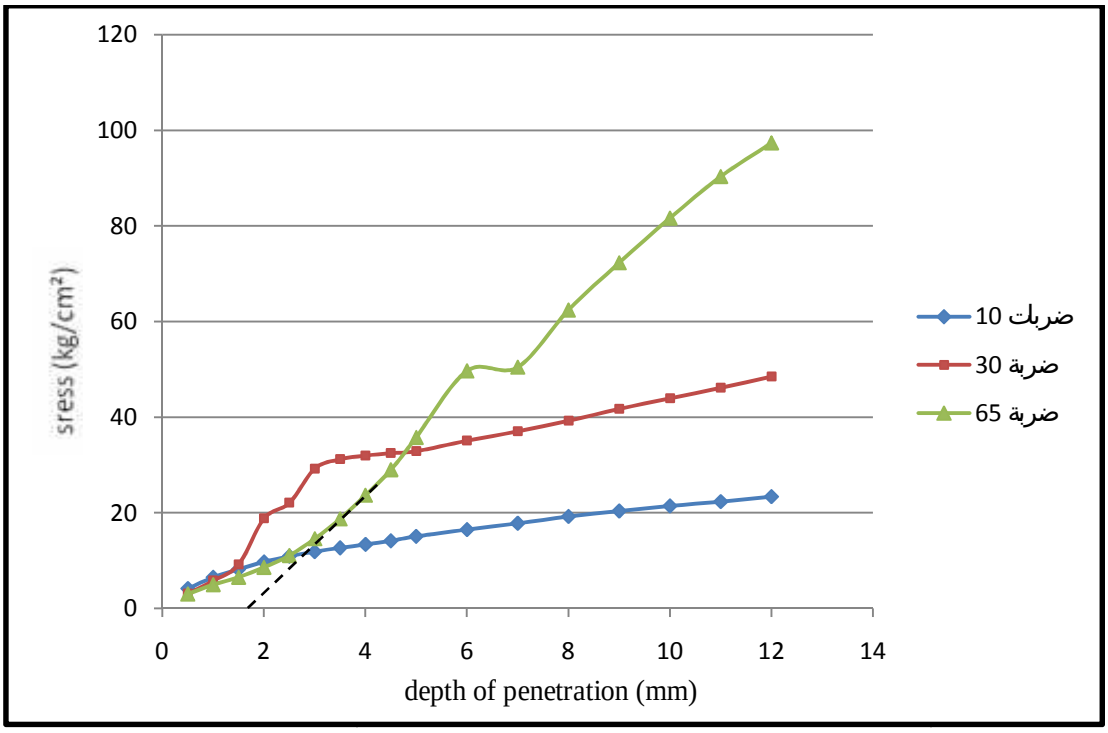


الشكل (٦-٢) كيفية تصحيح منحنى الغرز

٦- ٢-٢- ٥-١ : إيجاد CBR لطبقة Sub grade :

جدول(٦-٤) الحمل المسبب للغرز لطبقة (sub grade)

# of blows	10			30			65		
Penetration Depth (mm)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)
0.5	32	81.28	4.16	24	60.96	3.12	23	58.42	2.99
1	50	127	6.5	45	114.3	5.85	38	96.52	4.94
1.5	63	160.02	8.19	71	180.34	9.23	50	127	6.5
2	75	190.5	9.75	145	368.3	18.85	66	167.64	8.58
2.5	84	213.36	10.92	170	431.8	22.1	85	215.9	11.05
3	91.5	232.41	11.9	225	571.5	29.26	112	284.48	14.56
3.5	97.5	247.65	12.68	240	609.6	31.21	144	365.76	18.72
4	103	261.62	13.39	246	624.84	31.99	182	462.28	23.67
4.5	109	276.86	14.17	250	635	32.5	223	566.42	29
5	116	294.64	15.08	253	642.62	32.9	275	698.5	35.76
6	127	322.58	16.51	270	685.8	35.1	382	970.28	49.68
7	137	347.98	17.81	285	723.9	37.06	388	985.52	50.46
8	148	375.92	19.24	302	767.08	39.27	480	1219.2	62.42
9	157	398.78	20.41	321	815.34	41.74	556	1412.24	72.31
10	165	419.1	21.45	338	858.52	43.95	628	1595.12	81.67
11	172	436.88	22.36	355	901.7	46.16	695	1765.3	90.38
12	180	457.2	23.41	373	947.42	48.51	749	1902.46	97.41



الشكل (٦-٣) العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد لعينة Sub grade

✓ ملاحظة:

المنحنى عند ل ٦٥ ضربة يحتاج إلى تصحيح لأنه يبدأ **بتقعر** للأعلى فيلزم تصحيحه **وأخذ القراءات من** المنحنى المصحح ، يبدأ المنحنى المصحح عند نقطة تقاطعه المماس مع المحور الأفقي كما هو مبين في الشكل.

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	١٣		١٣		١٣	
Dry Density gm/cm^3	١.٥٣		١.٧٠		١.٨١	
Penetration mm	2.5	5.٠	2.5	5.٠	2.5	5.٠
Stress Kg/cm^2	١٠.٩٢	١٥.٠٨	٢٢.١٠	٣٢.٩٠	23.04	٣٤.3
CBR %	15.5	14.3	31.4	31.2	32.8	32.5

جدول (٦-٥) نتائج CBR لعينة Sub grade

- مثال توضيحي لحساب قيمة CBR عند مقدار غرز ٢.٥ ، ٥ عند ل ١٠ ضربات :

✓ ملاحظة الاجهاد المسبب لاختراق العينة القياسية =

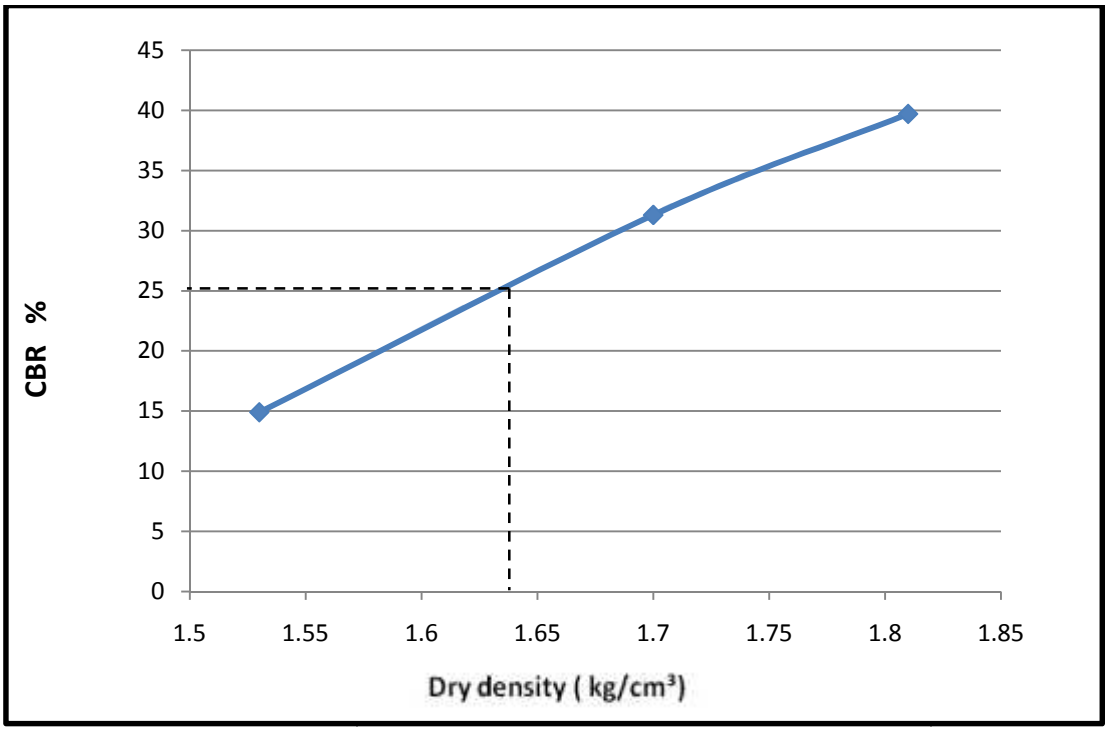
- ٧٠.٣ عند مقدار الغرز ٢.٥ ملم.
- ١٠٥.٥ عند مقدار الغرز ٥ ملم.

(CBR) = الاجهاد المسبب لاختراق للعينة عند التجربة × 100 %.
الاجهاد المسبب لنفس الاختراق لعينة قياسية .

CBR عند (٢.٥ ملم)= 10.92 / 70.3 × 100 % = ١٥.٥ %.

CBR عند (٥ ملم) = 15.08 / 105.5 × 100 % = 14.3 %.

نرسم علاقة بين الكثافة الجافة للعينات الثلاثة وقيم ال CBR كما هو موضح في الشكل (٦-٤) ،وعند ٩٥ % من قيمة أقصى كثافة جافة نأخذ قيمة CBR .



الشكل (٦-٤) العلاقة بين الكثافة الجافة و CBR لعينة Sub grade

- أقصى كثافة جافة من تجربة بروكتور = 1.73 gm / cm³
- نأخذ عند ٩٥ % من قيمتها : 1.73 × 0.95 = 1.64 .
- من المنحنى نجد أن قيمة CBR المقابلة للكثافة الجافة ١.٦٤ هي 25 %.

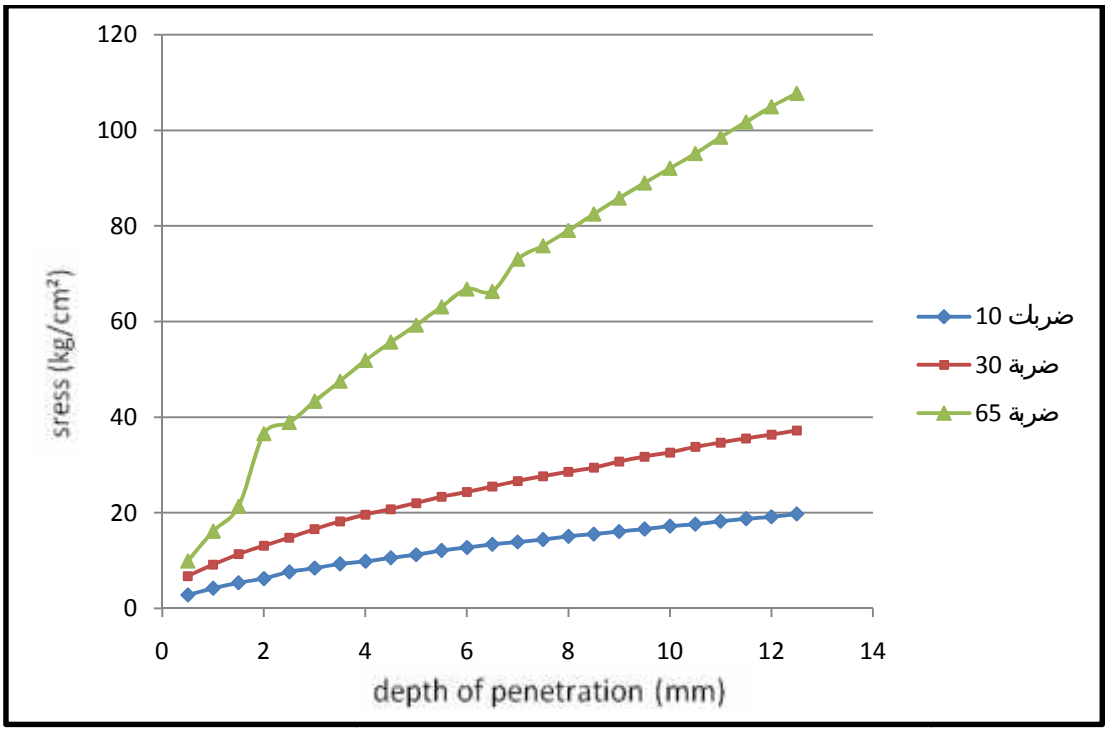
٦- ٢-٢-٥-٢ : إيجاد CBR لطبقة Base coarse :

قمنا بإجراء تجربة بروكتور لعينة من طبقة ال Base coarse لإيجاد نسبة الماء المثالية ومنها إيجاد أقصى كثافة جافة وكانت النتائج كالتالي:

- أقصى كثافة جافة (maximum density) = 2.21 gm/cm³ .
- نسبة الماء المثالية (Optimum moisture content) = 6 %.

جدول(٦-٦) الحمل المسبب للغرز لطبقة (Base coarse)

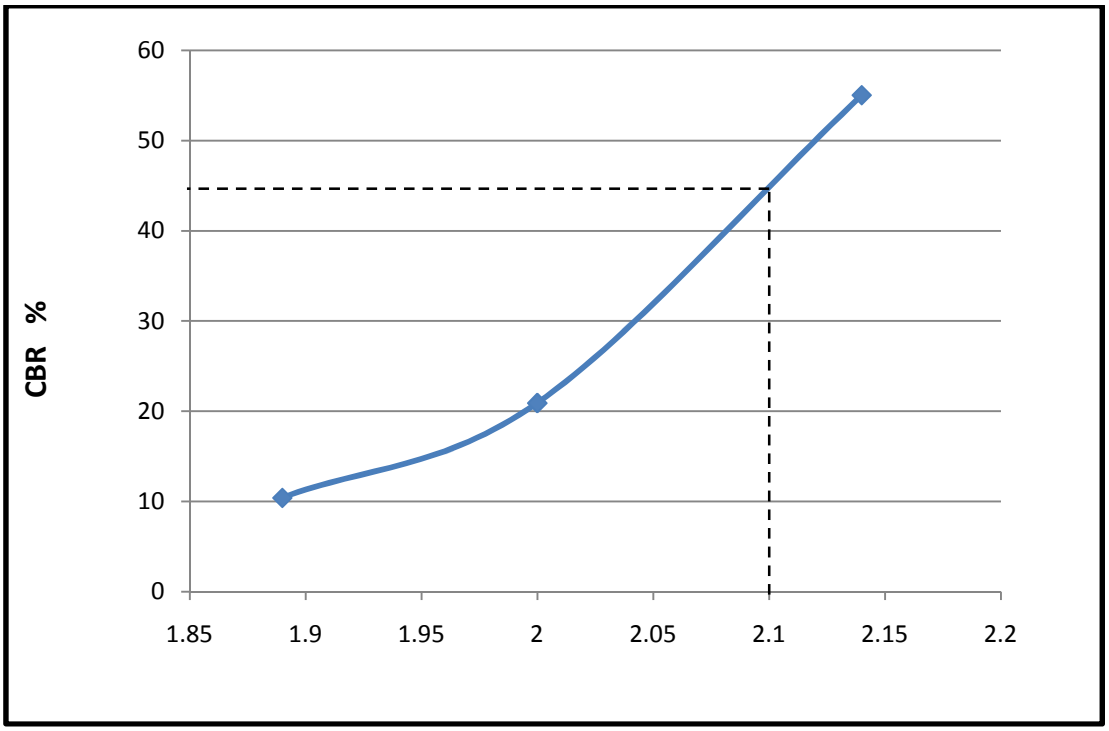
# of blows	10			30			65		
Penetration Depth (mm)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)	Dial	Load(kg)	Stress (Kg/cm²)
0.5	22	55.0	2.80	53	132.5	6.76	78	195.0	9.94
1	33	82.50	4.20	72	180.0	9.18	127	317.5	16.198
1.5	42	105.0	5.35	89	222.5	11.35	168	420.0	21.42
2	49	122.5	6.25	103	257.5	13.13	287	717.5	36.60
2.5	60	150.0	7.65	116	290.0	14.79	305	762.5	38.90
3	66	165.0	8.41	130	325.0	16.58	340	850.0	43.36
3.5	73	182.5	9.31	143	357.5	18.23	373	932.5	47.57
4	77	192.5	9.82	154	385.0	19.64	407	1017.5	51.91
4.5	83	207.5	10.58	163	407.5	20.79	437	1092.5	55.73
5	88	220.0	11.22	173	432.5	22.06	465	1162.5	59.31
5.5	95	237.5	12.11	183	457.5	23.34	495	1237.5	63.13
6	100	250.0	12.75	191	477.5	24.36	524	1310.0	66.83
6.5	105	262.5	13.39	200	500.0	25.51	520	1300.0	66.32
7	109	272.5	13.90	209	522.5	26.65	573	1432.5	73.08
7.5	113	282.5	14.41	217	542.5	27.67	595	1487.5	75.89
8	118	295.0	15.05	224	560.0	28.57	620	1550.0	79.08
8.5	122	305.0	15.56	231	577.5	29.46	647	1617.5	82.52
9	126	315.0	16.07	241	602.5	30.73	673	1682.5	85.84
9.5	130	325.0	16.58	249	622.5	31.76	698	1745.0	89.03
10	135	337.5	17.21	256	640.0	32.65	722	1805.0	92.09
10.5	138	345.0	17.60	265	662.5	33.80	746	1865.0	95.15
11	143	357.5	18.23	272	680.0	34.69	773	1932.5	98.59
11.5	147	367.5	18.75	279	697.5	35.58	798	1995.0	101.78
12	150	375.0	19.13	285	712.5	36.35	823	2057.5	104.97
12.5	155	387.5	19.77	292	730.0	37.24	845	2112.5	107.78



الشكل (٦-٥) العلاقة بين مقدار الغرز والإجهاد لعينة ال Base coarse

CBR Results						
No. of Blows	10		30		65	
Moisture Content %	٦		٦		٦	
Dry Density gm/cm^3	١.٨٩		٢.٠٠		٢.١٤	
Penetration mm	2.5	٥	2.5	٥	2.5	٥
Stress Kg/cm^2	٨.٠	١١.٠	١٧.٠	٢٢.٠	٣٩.٠	٥٨.٠
CBR %	11.4	10.4	24.2	20.9	55.5	55

جدول (٦-٧) نتائج CBR لعينة Base coarse



الشكل (٦-6) العلاقة بين **الكثافة الجافة و** CBR لعينة Base coarse

- **أقصى كثافة جافة من تجربة بروكتور** = 2.21 gm / cm³
- **نأخذ عند ٩٥** % من قيمتها : 2.21 × 0.95 = 2.1 .
- من المنحنى نجد أن قيمة CBR **المقابلة للكثافة الجافة** 2.1 هي 44.5 %.

٦-٢-٣ تجربة التدرج الحبيبي:

٦-٢-٣-١ مقدمة:

تتكون التربة من حبيبات صلبة متفاوتة الأحجام ، والتدرج الحبيبي للتربة هو الوسيلة التي تحدد نسبة تواجد الحبيبات ذات الأحجام المعينة في التربة الواحدة ولتحديد التدرج الحبيبي لنوع من التربة معمليا تأخذ عينة منها وتمرر على مجموعة من المناخل كل منها فتحات محددة الأبعاد ، ثم يحدد وزن ما تبقى على كل من هذه المناخل ، وتمثل النتائج التي نحصل عليها بيانيا على محورين الأفقي توقع عليه الأحجام المختلفة لأحجام التربة والرأسي توقع عليه نسب تواجد هذه الأحجام تقدر هذه النسب على أساس الوزن ويسمى المنحنى الناتج بمنحنى التدرج الحبيبي.

٦-٢-٣-٢ الهدف :

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

٦-٢-٣-٣ الأدوات المستخدمة:

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

٦-٢-٣-٤ طريقة العمل:

١- يتم أخذ العينة التي سيجري عليها الفحص من العينة الأصلية بواسطة التقسيم في صندوق الفرز (التقسيم **الربعي**) وذلك لضمان الحصول على عينة متجانسة وجيدة التمثيل للعينة الأصلية .

٢- توزن العينة اللازمة للفحص ويعتمد الوزن للعينة على قياس أكبر حبيبة فيها حيث يلزم أخذ **أكبر كلما كانت** الحبيبات كبيرة أكبر.

٣- ترتيب المناخل القياسية (**ذو الفتحات الأكبر ثم الأصغر**) ووضع العينة فيها.

٤- التنخيل بواسطة اليد أو التنخيل الميكانيكي (التنخيل في هذه التجربة تم بواسطة اليد).

٥- بعد انتهاء التنخيل يؤخذ المتبقي على كل منخل إلى وعاء معدني ثم يوزن بدقة.

٦-٢-٣-٥ القراءات والحسابات:

sieve #	sieve opening mm	weight retained on each sieve	% weight retained	cumulative % retained	% pass
4	4.75	0.21	0.042	0.042	99.958
10	2	77.20	15.44	15.482	84.518
20	0.85	172.32	34.46	49.942	50.058
40	0.425	81.00	16.20	66.142	33.858
80	٠.٢٥٠	67.40	13.48	79.622	20.378
100	0.150	13.70	2.74	82.362	17.638
200	0.075	36.40	7.27	89.632	10.368
Pan	-----	51.77	10.35	99.982	0.018
$\sum$		500	99.98		

جدول(٦-٨) التدرج الحبيبي

مثال توضيحي لإيجاد نسبة المار عند **المنخل رقم ٢٠**:

- الوزن الكلي للعينة = 500 **غم**.
- **الوزن المتبقي** = ١٧٢.٣٢ **غم**.
- **نسبة المتبقي** = (500/١٧٢.٣٢) × ١٠٠ = ٣٤.٤٦ %.
- **نسبة المتبقي التراكمي** = **نسبة المتبقي على كل من المناخل** (4+10+20) = ٠.٠٤٢+١٥.٤٤+٣٤.٤٦= 49.942.
- **نسبة المار**= ١٠٠ - 49.942 = 50.058.

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

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

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

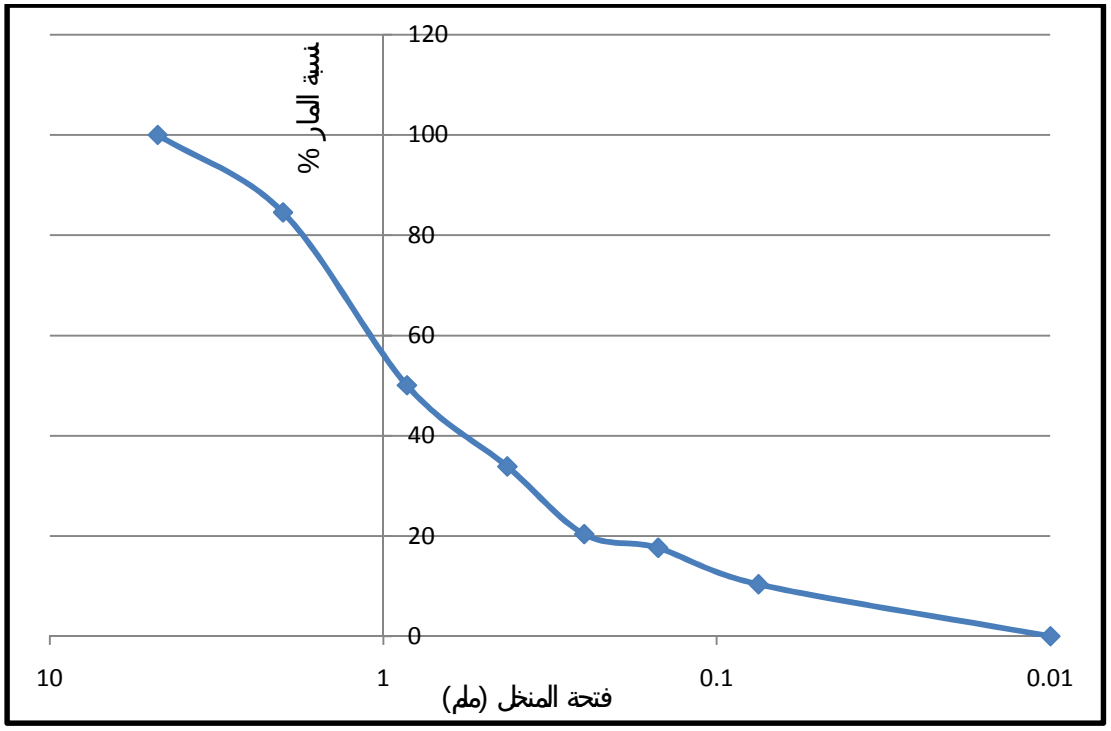
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \quad \text{.....(6-1)}$$

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

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} * D_{60}} \quad \text{.....(6-2)}$$

و منحنى التدرج الحبيبي في الشكل (٦-٧) يوضح العلاقة بين فتحة المنخل ونسبة المار ومنه نجد قيم كل من D_{10} ، D_{30} ، D_{60} .

✓ **ملاحظة**: يرسم منحنى التدرج الحبيبي بحيث يكون منحنى شبه لوغاريتمي.



شكل(٦-٧) التدرج الحبيبي

من المنحنى نجد أن :

$D_{10} = 0.087$

$D_{30} = 0.55$

$D_{60} = 1.01$

$$C_u = \frac{1.1}{0.087} = 12.64$$

$$C_c = \frac{(0.55)^2}{1.01*0.087} = 3.44$$

- ✓ إذا كان معامل التدرج قريبا من ١ كان التدريج جيدا أما إذا كان أقل أو أعلى من ١ بكثير فإن التدرج يكون ضعيف.

٦-٢-٤قوام التربة :

يعتمد قوام التربة ومدى تماسك وارتباط حبيباتها على نسبة المحتوى المائي ، فكلما زاد المحتوى المائي قل قوامها وضعف تحملها وتباعدت حبيباتها ، والتربة المتماسكة لها حبيبات ناعمة توصف باللدونة وحسب محتواها المائي تقع في أربع حالات :

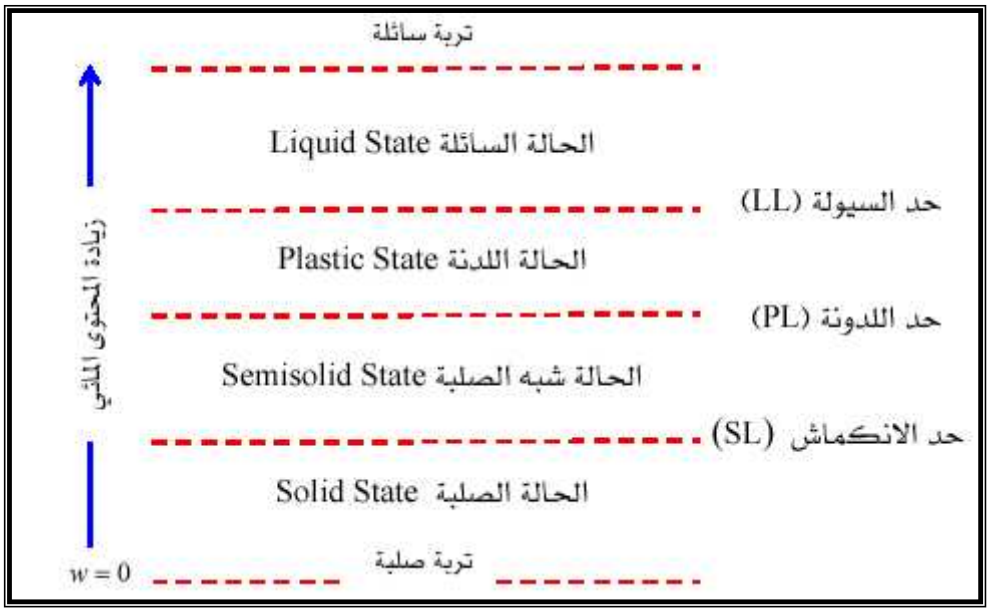
١. الحالة الصلبة (solid state) .
٢. الحالة شبه الصلبة (Semisolid State) .
٣. الحالة اللدنة (Plastic State) .
٤. الحالة شبه اللدنة (Liquid State).

وهي من المعايير المهمة في تحديد خواص التربة المتماسكة والمحتوى المائي هو عبارة عن نسبة بين وزن الماء داخل الفراغات إلى وزن المواد الصلبة لعينة التربة ،والمحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من حالة إلى أخرى مجاورة بحدود اتربرغ موضحة في الشكل رقم (٦-٨) . وهي على النحو التالي :

١. حد السيولة Liquid Limit (LL) : وهو عبارة عن المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة السائلة إلى الحالة اللدنة، وعمليا فإن المحتوى المائي الذي تقفل عنده العلامة المحددة على جهاز جازاجراند بعد ٢٥ ضربة .
٢. حد اللدونة Plastic Limit (PL) : وهي الحالة التي تتحول عندها التربة من الحالة اللدنة إلى الحالة شبه الصلبة، وعمليا فإنه المحتوى المائي الذي تظهر عنده تشققات على خيط من التربة بعد دحرجته على لوح زجاجي قطره 3 mm.
٣. حد الانكماش Shrinkage limit (SL): وهو عبارة عن المحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من الحالة شبه الصلبة إلى الحالة الصلبة .

ويعرف الفرق بين حد السيولة وحد اللدونة بمؤشر اللدونة (Plasticity Index) (PI) :

$$PI = LL - PL \quad \text{(6-3)}$$



شكل (٦-٨) المحتوى المائي

٦-٢-٤-١ حد السيولة :

رقم الجفنه	A22	A20	A30
عدد الضربات	14	24	35
وزن الجفنه فارغة m1 (gm)	31.3	32.7	33.2
وزن العينة رطبة + الجفنة m2 (gm)	65.10	62.3	73.3
وزن العينة جافة + الجفنة m3 (gm)	58.60	57.00	66.70
وزن التربة جافة (gm)	27.30	24.30	33.50
وزن الماء (gm)	6.50	5.30	6.60
نسبة الرطوبة %	23.٨١	21.81	19.70

جدول(٦-٩) حد السيولة.

- **مثال :**

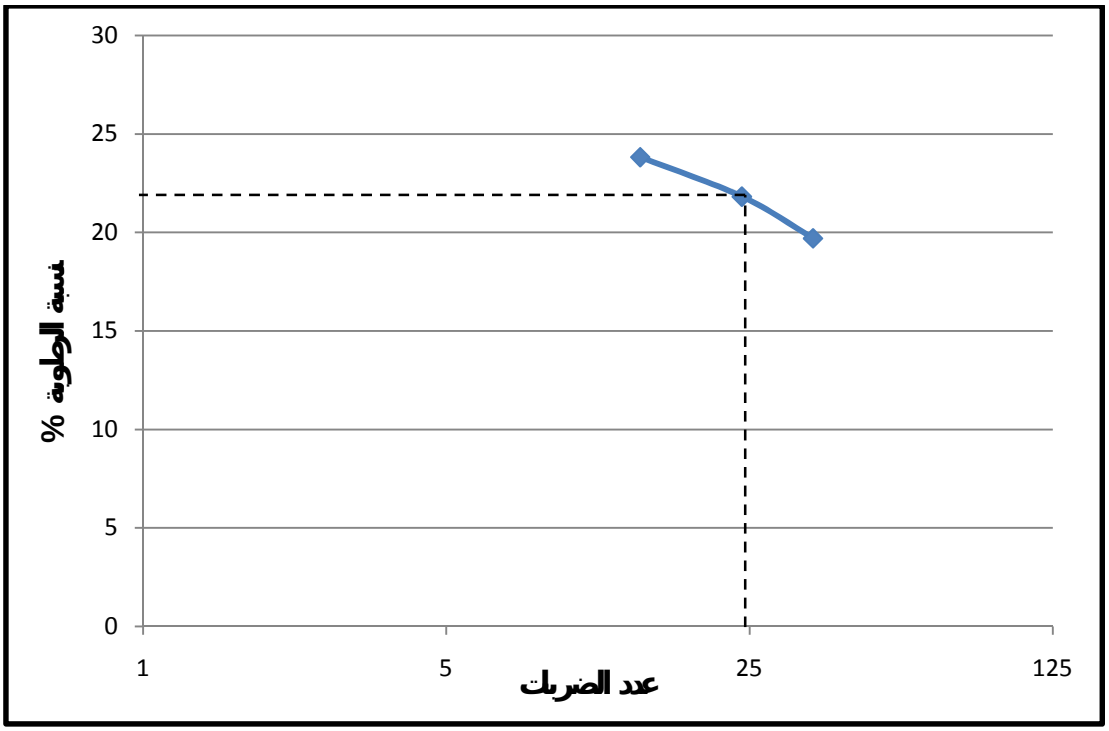
إيجاد نسبة الرطوبة للعينة في الجفنة A22 :

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} * 100 = \quad \% \qquad \text{.....(6-4)}$$

$$W = \frac{65.10 - 58.60}{58.60 - 31.1} * 100 = 23.81 \quad \%$$

✓ حد السيولة هو متوسط نسب الرطوبة = (23.81 + 21.81 + 19.70) / ٣ = ٢١.٧٧ %

كما يمكن إيجاده من المنحنى (منحنى شبه لوغاريتمي)**شكل** (6-٨) ويكون مساوي لنسبة الرطوبة عند **ل** ٢٥ ضربة .



شكل (٦-٩) حد السيولة

٦-٢-٤-٢ حد اللدونة :

رقم الجفنه	A6
وزن الجفنه فارغة m1 (gm)	30.9
وزن العينة رطبة + الجفنة m2 (gm)	46.60
وزن العينة جافة + الجفنة m3 (gm)	44.50
وزن التربة جافة (gm)	14.60
وزن الماء (gm)	2.10
نسبة الرطوبة %	١٥.٤٤

جدول(٦-١٠) حد اللدونة

- حد اللدونة = ١٥.٤٤ وهونسبة الرطوبة للعينة .
- بعد إيجاد قيمة كل من حد السيولة وحد اللدونة يمكننا الآن إيجاد مؤشر اللدونة:

$$PI = 21.77 - 15.44 = 6.33$$

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

- نسبة المار من منخل رقم 200 = 10.368 < 35%
- حد اللدنة (PL) = 15.44
- حد السيولة(LL) = 21.77< 40
- مؤشر اللدونة(PI)= 6.33

GI= (F-35) {0.2+0.005(LL-40)} +0.01(F-15) (PI-10).....(6-5)

Where:

GI= Group Index.

F= Pass from sieve #200 = 10.368

GI= (10.368-35){0.2+0.005(21.77- 40)} +0.01(10.368-15) (6.33 - 10) = 0.00

- ✓ يمكن تصنيف التربة إلى (A-2-4) (silty or clayey gravel and sand)، وبناء على AASHTO يمكن إعتماد هذه الطبقة كطبقة (Sub grade).

قيمة CBR = 25 % .

بناءا على المواصفات الفلسطينية فهي قيمة يمكن اعتمادها للتصميم (أكبر من ٨).

تصنيف عام	مواد خشنة (حبيبية) (٣٥% أو أقل مارة من منخل رقم ٢٠٠)							مواد من الطمي والطين (أكثر من ٣٥% مارة من منخل ٢٠٠)			
تصنيف المجموعات	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5, A-7-6
التدرج الحبيبي- نسبة المار من منخل:											
رقم ١٠	50 max										
رقم ٤٠	30 max	50 max	51 min	-	-	-	-	-	-	-	-
رقم ٢٠٠	15 max	25 max	10 max	35 max	35 max	35 max	35 max	36 min	36 min	36 min	36 min
خصائص اللدونة :											
حد السيولة LL	-		-	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min	40 max	41 min
دليل اللدونة PI	6 max		غير لدنة NP	10 max	10 max	11 min	10 min	10 max	10 max	11 min	11min
دليل المجموعة GI	0		0	0		≤4		≤8	≤12	≤16	≤20
أشكال المواد المحتواة أكثر في العينة	قطع حجارة حصى رمل		رمل ناعم	حصى ورمل طمي أو طيني				تربة طمية		تربة طينية	
التقييم العام للمواد كتربة سطح للطرق (subgrade)	ممتازة إلى جيدة			متوسطة إلى سيئة							

جدول(6-11) تصنيف التربة حسب AASHTO

الفصل السابع

٧

كميات الحفر والردم

٧-١ مقدمة.

٧-٢ حساب مساحات المقاطع العرضية.

٧-٣ حساب الحجوم.

٧-٤ الطرق الشائعة في حساب الحجوم.

٧-٥ طريقة العمل.

٧-٦ التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجوم).

٧-٧ خواص منحنى الحجوم.

الفصل السابع

كميات الحفر والردم

٧-١ مقدمة:

يلزم في كثير من المشاريع الهندسية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية وأقنية الري والسدود . . .الخ) حساب كميات الأعمال الترابية، من أجل ذلك يجرى عادة قياس مناسيب نقاط مختلفة مأخوذة على خطوط متعامدة مع اتجاه محور المشروع المقترح وتسمى هذه الخطوط بالمقاطع العرضية.

في مشروع طريق ما على سبيل المثال يعرف المقطع العرضي بذلك الجزء المحصور بين سطح الطريق المخصص لسير السيارات وخطي الميلين الجانبيين وخط سطح الأرض الطبيعية.

تحسب مساحات المقاطع العرضية بمعلومية المناسيب وعناصر التصميم المختلفة، بمعرفة مساحات المقاطع العرضية والتباعدات بينها يمكن حساب كميات الحفر أو الردم بين كل مقطعين متتاليين وبالتالي حساب جميع الأعمال الترابية اللازمة لكامل المشروع.

٧-٢ حساب مساحات المقاطع العرضية:

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاثة طرق رئيسية:

١. الطريقة الحسابية.
٢. طريقة الإحداثيات.
٣. الطريقة التخطيطية.

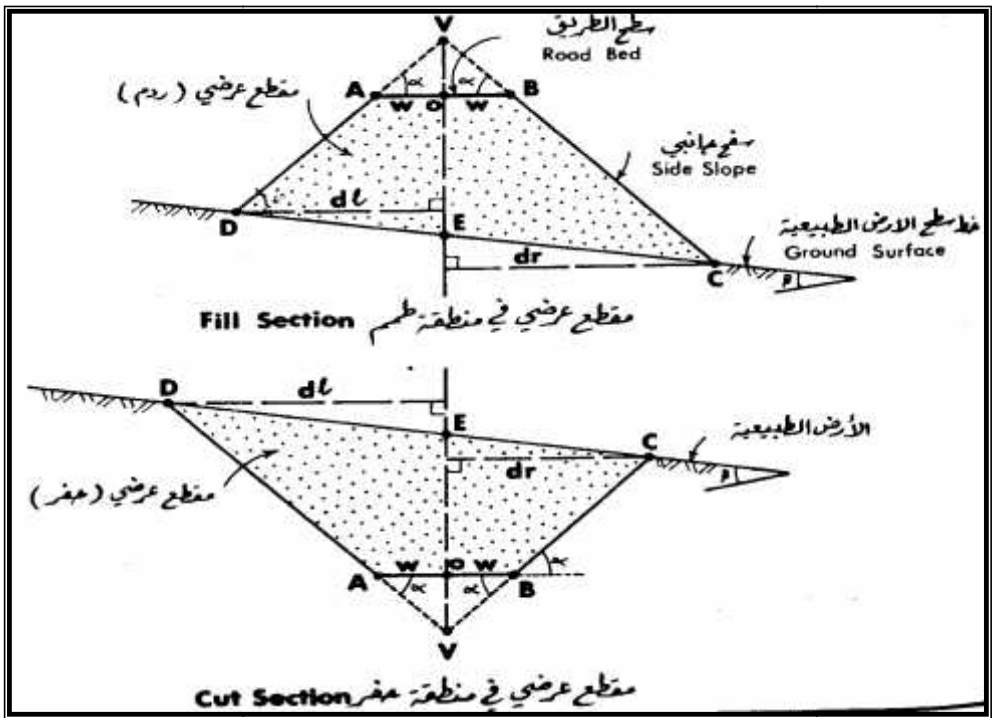
أولا: الطريقة الحسابية:

يجب التمييز هنا بين عدة حالات مختلفة وهي:

١- الحالة التي يكون فيها ميل الأرض منتظما:

لحساب مساحة المقطع العرضي في هذه الحالة المبينة في **الشكل التالي** نطبق العلاقة التالية:

$$Area = \left(v + w \times \tan\sim\right)\left(\frac{d_l + d_r}{2}\right) - w^2 \times \tan\sim \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7-1)$$



الشكل (1-7) مقطع عرضي في منطقة حفر ومنطقة ورم.

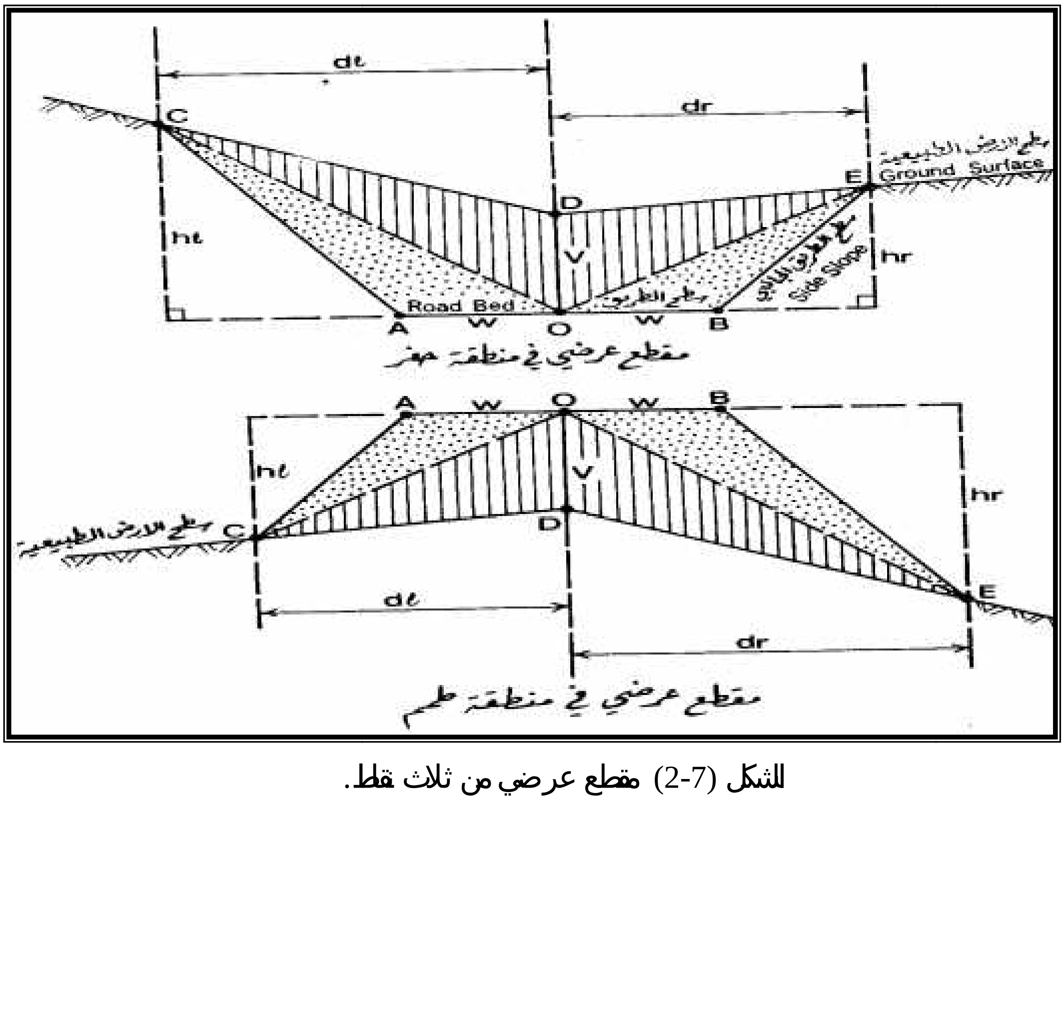
حيث:

- ~= زاوية ميل جوانب الطريق.
- d_l = ارتفاع المثلث VDE.
- d_r = ارتفاع المثلث VCE.
- w = نصف عرض الطريق.
- $v = OE$ = ارتفاع الحفر أو الردم من نقطة وسط الطريق.

٢- **الحالة التي** يكون فيها ميل الأرض الطبيعية غير منتظم:

أ- حيث يتكون المقطع العرضي من ثلاثة نقاط **كما في الشكل التالي** (٧-٢) وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية:

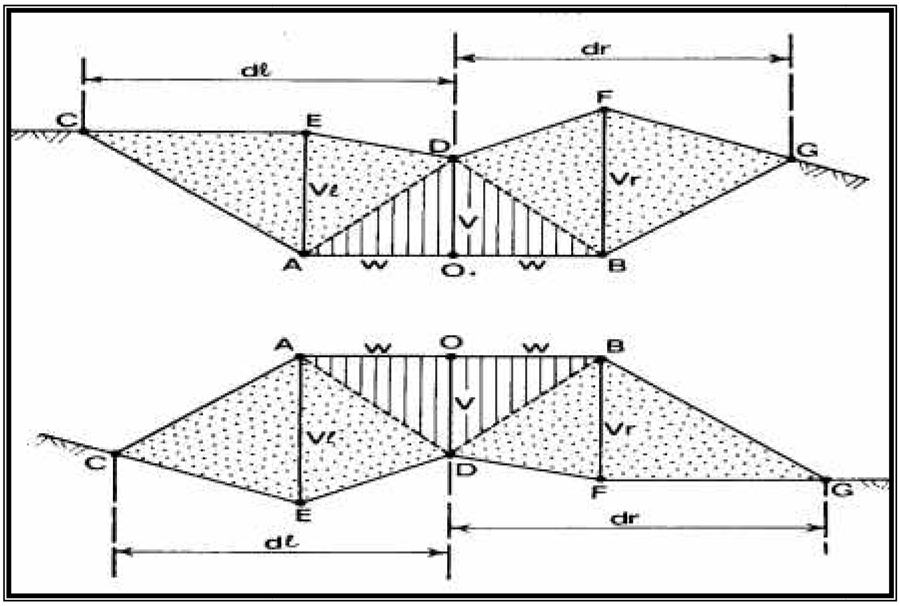
$$Area = \frac{w}{2}(h_l + h_r) + \frac{v}{2}(d_l + d_r) \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (7-2)$$



الشكل (2-7) **مقطع عرضي من ثلاث نقاط.**

ب- حيث يتكون المقطع العرضي من خمس نقاط كما في الشكل التالي (٧-٣) وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{2w.v + v_l.d_l + v_r.d_r}{2} \quad \text{..} (7-3)$$



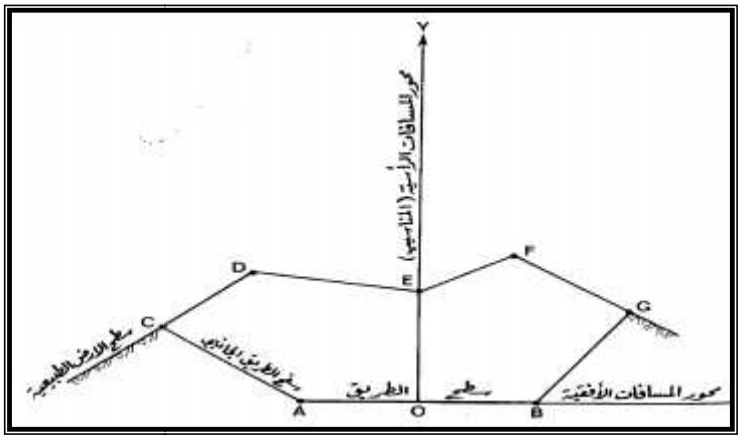
الشكل (3-7) مقطع عرضي من خمس نقاط.

حيث:

- w = نصف عرض الطريق.
- v = عمق الحفر أو الردم عند منتصف الطريق.
- v_l = عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيسر لطرف الطريق.
- v_r = عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيمن لطرف الطريق.

ثانيا:- طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية:

من الشائع تطبيق طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية وذلك باعتبارها مضلعات مغلقة على سبيل المثال لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في **الشكل** (7-4):



الشكل (7-4): حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.

نختار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة O حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات يمثل مناسيب **القطع** (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** .

نرتب الإحداثيات الخاصة بالنقاط على شكل كسور بحيث يكون البسط يمثل الاحداثي الصادي و المقام يمثل الاحداثي السيني و نرتبها في جدول على **النحو التالي**:

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	$-x_A$

الجدول (7-1) حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.

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

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

لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

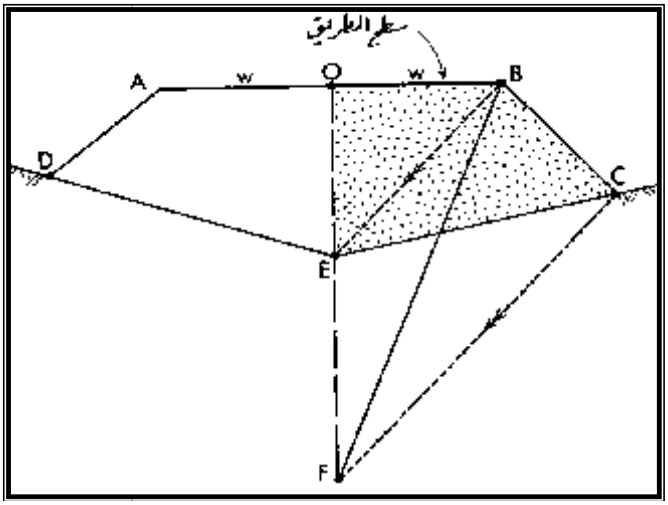
$$Area = \frac{|\sum 1 - \sum 2|}{2} \quad \ldots\ldots(7-4)$$

✓ ملاحظة:

الإحداثي السيني يكون موجبا لكل نقطة واقعة على يمين محور الصادات وسالبا لكل نقطة واقعة على يسار محور الصادات، وإذا كان المقطع مختلطا أي حفر وردم فيجب حساب مساحة كل من الحفر والردم على انفراد وذلك لأنهما يدخلان في جداول الكميات كبندين منفصلين.

ثالثا:- الطرق التخطيطية في حساب مساحات المقاطع العرضية :

يمكن حساب مساحة المقطع العرضي بطريقة تخطيطية ، ففي الشكل (٧-٥)، على سبيل المثال يمكن استبدال المثلث OBF بالجزء OBCE من المقطع العرضي، من الشكل نفسه نلاحظ أنه بوصل الخط BE ورسم الخط الموازي له CF يتشكل لدينا مثلثان متكافئان BEF و BEC حيث يشتركان بنفس القاعدة BE ويملكان نفس الارتفاع وعليه فإننا نضم المثلث BEF بدلا من BEC إلى المثلث OBE لينتج لدينا المثلث OBF المكافئ في المساحة لجزء المقطع العرضي OBCE، إن مساحة المثلث OBF تساوي حاصل ضرب نصف عرض الطريق OB بنصف الارتفاع OF، بالمثل يمكن حساب مساحة الجزء الأيسر من هذا المقطع العرضي.



الشكل (7-5) حساب المساحة بطريقة تخطيطية.

٧-٣ حساب الحجوم:

يلزم في كثير من مشاريع الهندسة المدنية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية والمطارات وأقنية الري والسدود وأعمال العمران وتمديدات الماء والكهرباء والمجاري معرفة أحجام الحفريات والردميات المطلوبة للوصول إلى منسوب معين، وفي مجالات الهندسة الزراعية والجيولوجية والهيدرولوجية والتعدينية كثيرا ما يحتاج المهندسون المختصون إلى حساب الكميات من أنواع مختلفة بالاستناد إلى المخططات أو الخرائط أو جداول المناسيب والإحداثيات.

هناك بالطبع عدة طرق رياضية تمكن من حساب الحجوم المطلوبة ولكنها على درجة متفاوتة من الدقة خصوصا إذا كان الحجم المطلوب حسابه واقعا ضمن شكل هندسي غير منتظم. إن عملية الحساب هذه تتطلب عملا ميدانيا وآخر مكتبيا، أما العمل الميداني فيشتمل على قياس أبعاد الجسم المعتبر ودق أوتاد أو علامات مناسبة في مواقع محددة من هذا الجسم، وأما العمل المكتبي فقد يشتمل على حساب الحجوم من الأبعاد المقاسة وتخطيط أفضل الطرق لتنفيذ العمل.

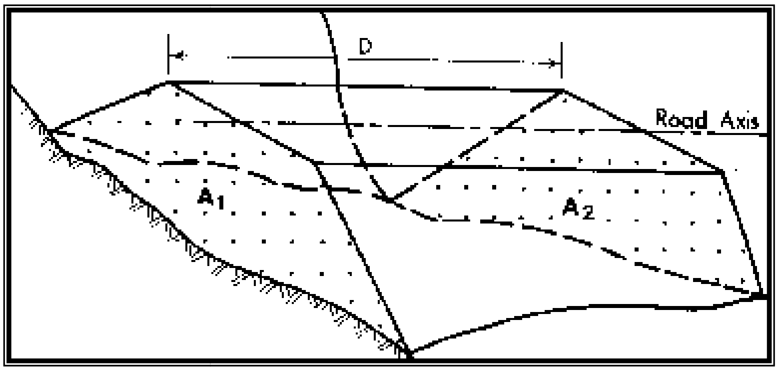
في أحيان كثيرة يمكن اللجوء إلى الصور والمخططات والخرائط المتوفرة لحساب الحجوم المطلوبة دون الحاجة إلى أعمال ميدانية معتبرة.

٧-٤ الطرق الشائعة في حساب الحجوم:

أولا: حساب الحجوم بطريقة المقطع الوسطي:

في هذه الطريقة يفترض أن ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين عرضيين متتاليين وبالتالي فإنه لحساب حجم المادة بين كل مقطعين عرضيين متتالين يؤخذ معدل مساحتي هذين المقطعين ويضرب في المسافة الفاصلة بينهما، نفترض أن لدينا مقطعين عرضيين متتالين كما يوضح الشكل (٧-٦)، يقعان كليا في منطقة حفر أو كليا في منطقة ردم والمسافة الفاصلة بينهما مقدارها D ومساحتهما A1& A2 فيكون حجم المادة المحصورة بينهما مرتبطا بالعلاقة التالية:

$$V = \left(\frac{A1 + A2}{D} \right) \text{...} (7-5)$$



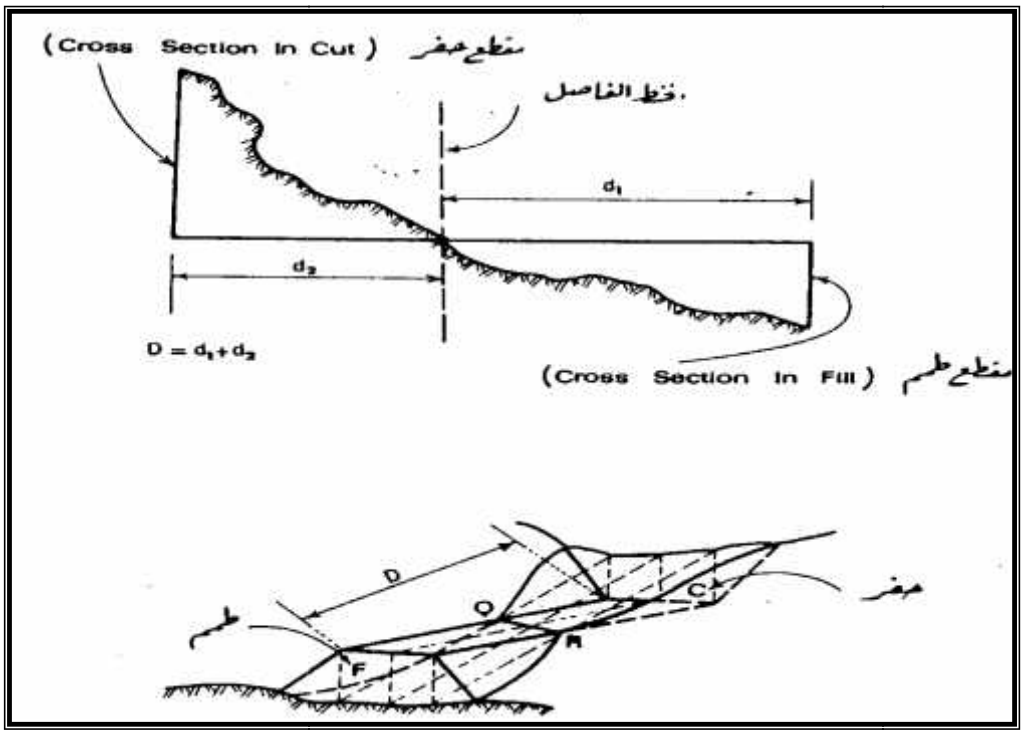
الشكل (٧-٦) مقطعان في منطقة طمم.

فإذا كان لدينا سلسلة من المقاطع العرضية المتتالية عددها n يكون الحجم الكلي التراكمي بين المقطع الأول والأخير المراد إزالته أو إضافته:

$$V = \frac{D}{2}\left[A_1 + A_n + 2(A_2 + A_3 + A_4 + \cdots + A_{n-1})\right] \text{...} (7-6)$$

✓ **ملاحظات:**

- **إذا كان احد المقطعين حفر والآخر ردم كما في شكل (٧-٧)، فيحسب حجم الحفر وحجم الردم على الشكل التالي:**



الشكل (٧-٧): مقطع طم و مقطع حفر.

$$V_{fill} = \frac{1}{2}\left(\frac{F^2}{F+C}\right)(D) \quad \text{.....}(7-7)$$

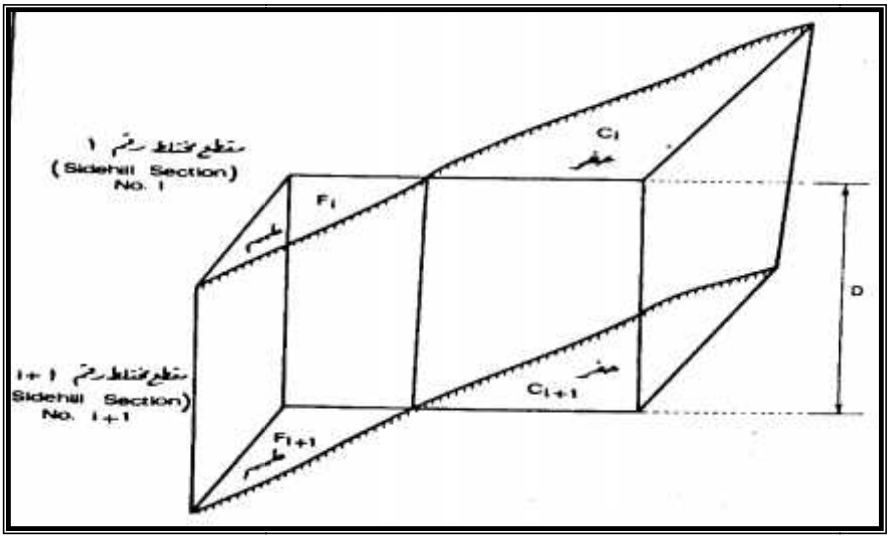
$$V_{cut} = \frac{1}{2}\left(\frac{C^2}{F+C}\right)(D) \quad \text{.....}(8-7)$$

حيث:

- D= المسافة الفاصلة بين المقطعين.
- F=مساحة مقطع الردم.
- C=مساحة مقطع الحفر.

- **إذا كان كل من المقطعين مختلطا(حفر وردم) :**

في أحيان كثيرة نجد أن المقطع العرضي يكون مختلطا كما في الشكل(٧-٨) ، ولحساب الحجم نطبق العلاقات التالية:

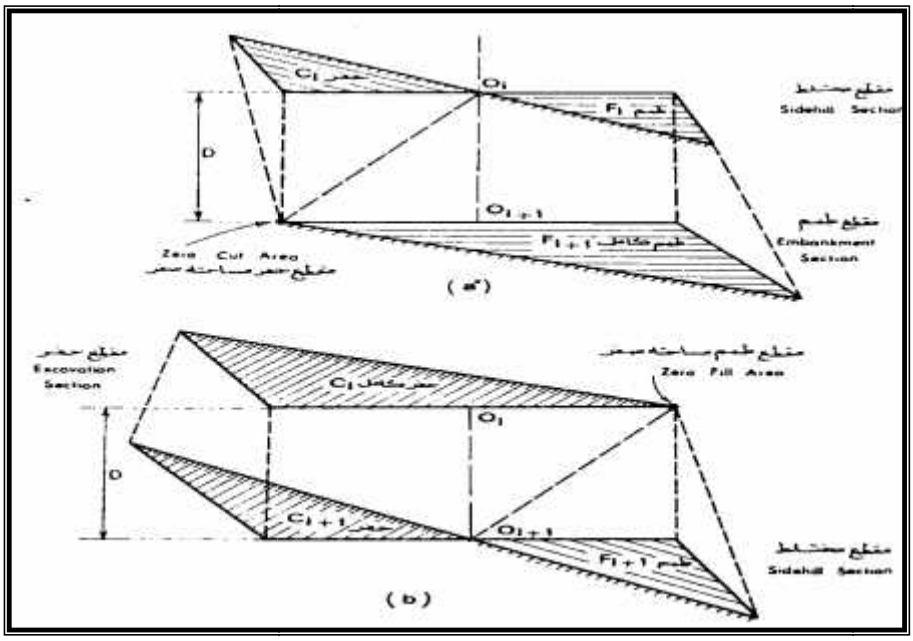


الشكل (٧-٨) مقطعان مختلطان.

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1})(D) \quad \ldots\ldots(7-9)$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1})(D) \quad \ldots\ldots(7-10)$$

- **إذا كان أحد المقطعين مختلطا والآخر ردم** (شكل (٧-٩-a) نطبق العلاقات التالية:



للشكل (٧-٩) مقطعان احدهما مختلط والآخر إما حفر أو ردم.

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(F_i + F_{i+1})(D) \quad \text{.....(7-11)}$$

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(C_i)(D) \quad \text{.....(7-12)}$$

- **إذا كان احد المقطعين مختلطا والاخرحفر كما في الشكل(٧-٩ -b)، نطبق المعادلات التالية:**

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1})(D) \quad \text{.....(7-13)}$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1})(D) \quad \text{.....(7-14)}$$

ثانيا:حساب الحجوم بطريقة قانون الموشور:

نفترض في هذه الطريقة أن كل ثلاثة مقاطع عرضية تأخذ شكل موشور ولحساب حجم الحفر أو الردم نستخدم القوانين التالية:

$$V=\left(\frac{D}{3}\right)\left[A_1+A_n+4\left(A_2+A_4+A_6+\cdots+A_{n-1}\right)+2\left(A_3+A_5+A_7+\cdots+A_{n-2}\right)\right].....(7-15)$$

وبخلاف طريقة المقطع الوسطي فإن طريقة الموشور لا تطبق إلا على عدد فردي من المقاطع العرضية وليس من الضروري عند حساب الحجم أن تكون المسافات بين المقاطع العرضية متساوية.

- ✓ ملاحظات عامة حول طريقة المقطع الوسطي وطريقة الموشور في حساب الحجوم:

١- تعتبر طريقة المقطع الوسطي من أكثر طرق حساب حجوم الكميات الترابية شيوعا بالنظر لسهولة تطبيقها.

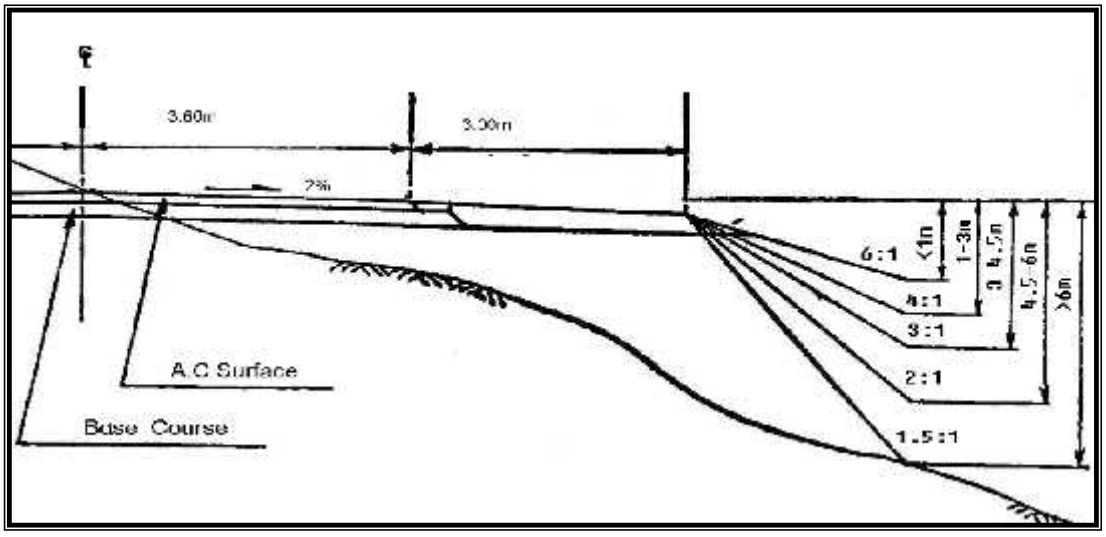
٢- إن طريقتي المقطع الوسطي وقانون الموشور تقريبيتان وتزداد دقتهما كلما قل الفرق بين مساحة مقطع عرضي والذي يليه حتى إذا تساوت مساحتا مقطعين عرضيين متتاليين وكان ميل سطح الأرض بينهما منتظما كان الحجم المحسوب للمادة المحصورة بين هذين المقطعين صحيحا تماما. كذلك كلما تزداد الدقة كلما صغرت المسافات بين المقاطع العرضية المتتالية خصوصا في الأراضي الوعرة.

٣- يجب الربط بين دقة طريقة المقطع الوسطي ودقة قياس مناسيب المقاطع العرضية الداخلة في الحساب كذلك يجب أخذ تكاليف الأعمال الترابية بعين الاعتبار عند قبول أو رفض هذه الطريقة.

٧-٥ طريقة العمل:

في أثناء العمل الميداني تم رصد عدة مقاطع عرضية وذلك على طول المحور الطولي للطريق حيث وزعت هذه المقاطع على مسافات متساوية كل (20m) وتم رصد مقطع عرضي متعامد مع محور الطريق، وذلك لتقليل تأثير التغيرات على حساب الحجوم والكميات اللازمة للقيام بحساب كميات الأعمال الترابية للطريق وقد تم العمل بناء على طريقة المقطع الوسطي وبعد ذلك تم إتباع الخطوات التالية:

- رسم المقاطع العرضية بواسطة استخدام برنامج (Auto Desk) بمعلومية مناسيب النقاط المكونة للمقطع العرضي.
- حساب مساحة كل مقطع عرضي وبيان مساحة كل من الحفر والردم في المقاطع المختلطة باستخدام برنامج (Auto Desk).
- بالنسبة لحساب الحجوم تم حساب كميات الحفر والردم عن طريق معادلات الحفر والردم لبعض المقاطع وكانت قريبة من تلك التي ظهرت في برنامج (Auto Desk).
- بالنسبة لمقدار الميول الجانبية في حالة الردم تم الاعتماد على الشكل (٧-١٠) ، ومقدار الميول الجانبية في حالة الحفر يعتمد على نوعية التربة المتوفرة في منطقة العمل.

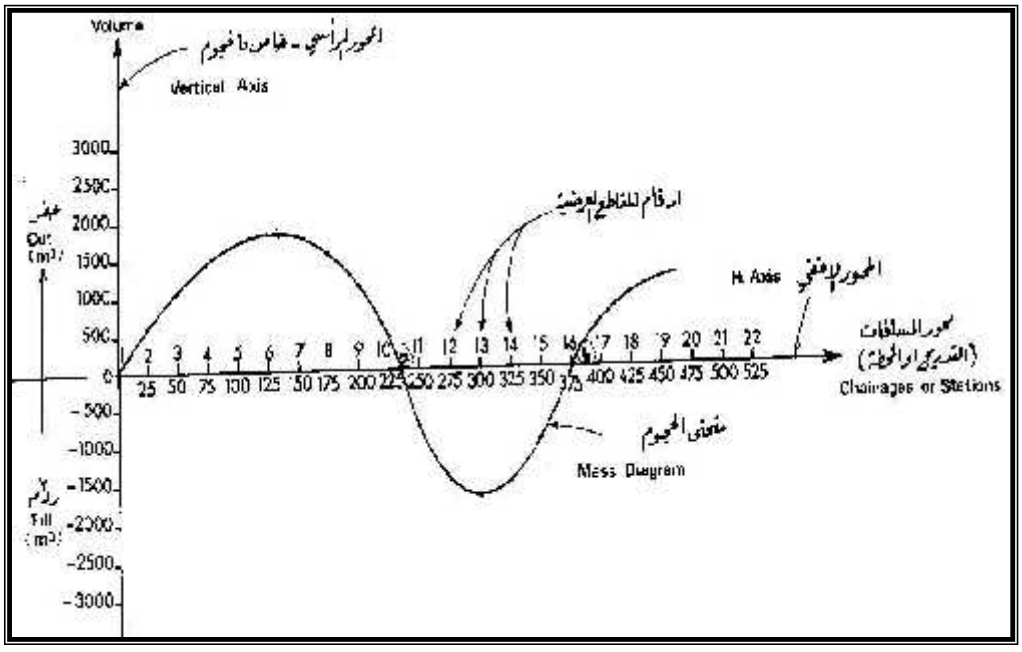


الشكل (٧-١٠) مقدار الميول الجانبية.

٧-٦ التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجوم) :

منحنى الحجوم هو عبارة عن تمثيل بياني لكميات الحفر والردم اللازمة لمشروع ما، لعمل هذا المنحنى نرسم خطا أفقيا مستقيما ونحدد عليه بمقياس مناسب مواقع المناطق العرضية المتتالية والمتباعدة عن بعضها بمسافات معلومة مبتدئين بالمقطع الخاص بنقطة بداية المشروع.

عند كل نقطة ممثلة لموقع مقطع عرضي معين على محور السينات نقيم عمودا بطول يمثل – وفق مقياس رسم معين – المجموع الجبري لكميات الحفر والردم عند ذلك المقطع وذلك على أساس أن الحفر يعتبر موجبا والردم سالبا .والشكل (٧-١١) يبين مثالا لمنحنى الحجوم:



الشكل (٧-١١): مثال لمنحنى الحجوم.

٧-٧ خواص منحنى الحجوم:

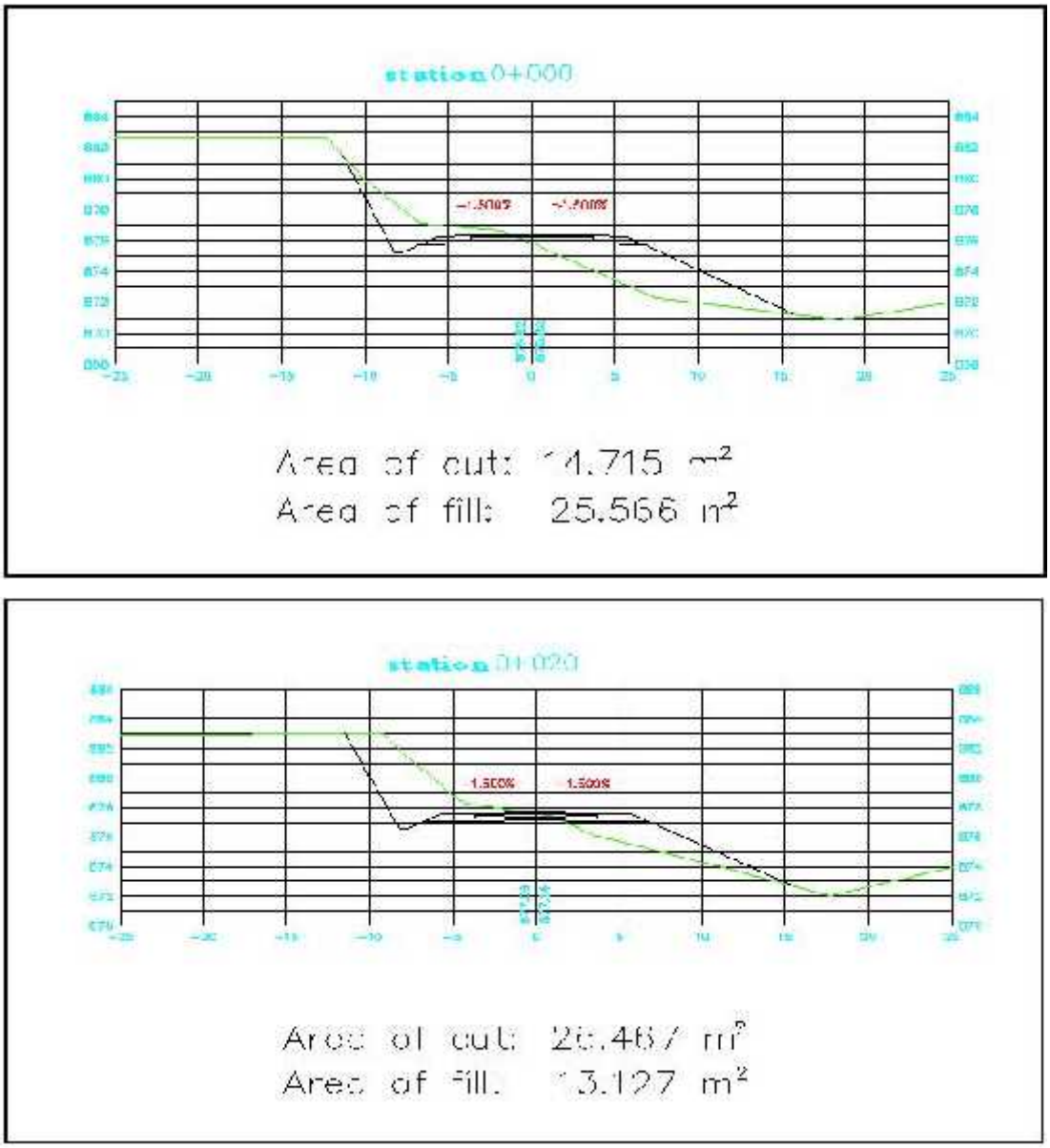
- الميل الموجب للمنحنى يدل على تزايد كميات الحفر أو تناقص كميات الردم والميل السالب يدل على تزايد كميات الردم أو تناقص كميات الحفر.
- عندما نصل إلى أعلى نقطة من المنحنى تتوقف كميات الحفر عن التزايد وتبدأ كميات الردم بالتزايد.
- قيمة الإحداثي الصادي عند أي نقطة من المنحنى تمثل مقدار الفرق بين كميات الحفر والردم حتى تلك النقطة، فإن كان هذا الاحداثي موجبا فيعني هذا إن كميات الحفر تفوق كميات الردم بنفس القيمة العددية للإحداثي الصادي ولغاية هذه النقطة والعكس صحيح.
- الفرق بين الإحداثيين الصاديين لنقطتين على منحنى الحجوم يمثل كمية الحفر أو الردم بين هاتين النقطتين من المشروع بشرط أن يكون المنحنى بين هاتين النقطتين صاعدا أو هابطا دون انقطاع (أي لا يوجد بين هاتين النقطتين نقطة أخرى ذات قيمة أعظمية أو أصغرية).
- وتجدر الملاحظة إلى أن كميات الحفر لا تحافظ على حجمها الأصلي حيث يحدث لها انتفاخ بمقدار معين، وكذلك كميات الردم يحدث لها انكماش عند دمكها بمقدار معين.

  ✓ كمية الأتربة المحفورة = الحجم المحسوب للحفر * 1.2

  ✓ كمية الأتربة اللازمة للردم = الحجم المحسوب للردم * 1.1.

- قبل القيام برسم منحنى الحجوم لابد من القيام بترتيب جدول الحجوم الذي يمثل الكميات اللازمة لأعمال الحفر والردم.

مثال يوضح عملية ايجاد كمية الردم والحفر لمقطعين مختلطين متتاليين:



الشكل(٧-١٢): مثال لايجاد كمية الحفر والردم لمقطعين متتاليين.

الحسابات:

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

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(25.566 + 13.127)(20)$$

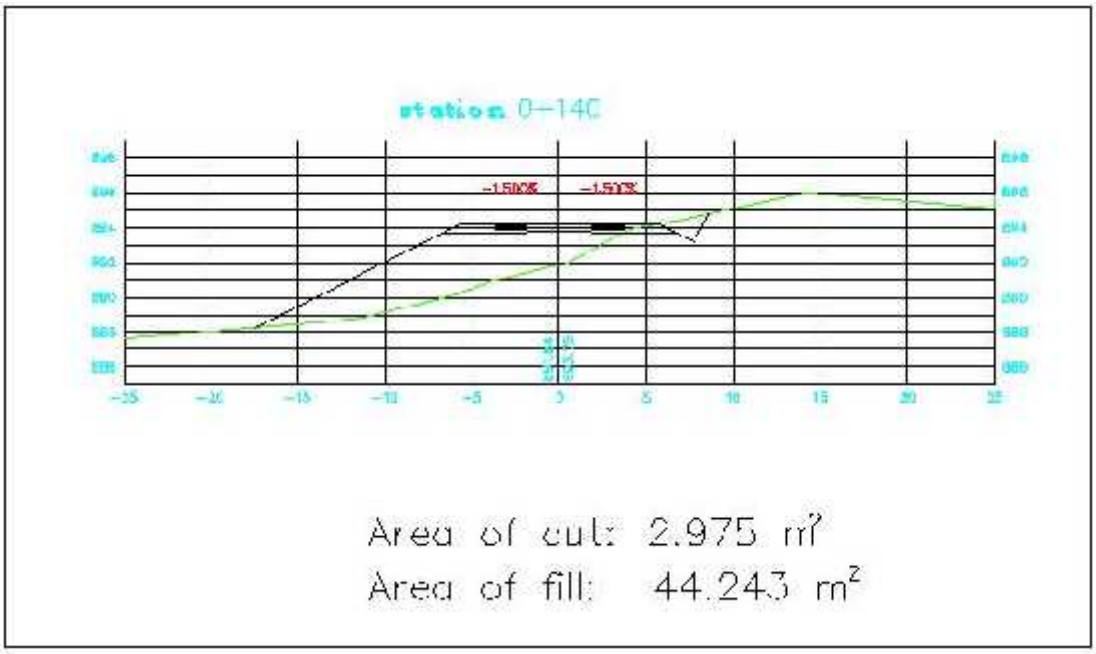
$= 386.93 m^3.$

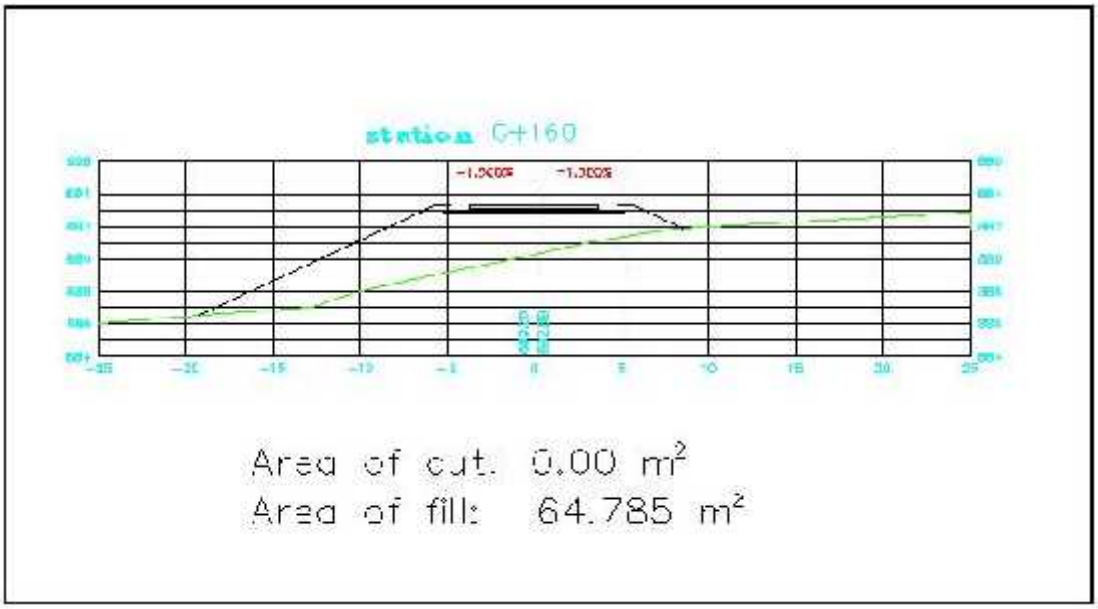
$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1})(D)$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(14.715 + 26.467)(20)$$

$=411.82\ m^3.$

مثال مقطعان احدهما مختلط والآخر إما حفر أو ردم:





الشكل(٧-١٣) مثال لمقطعين أحدهما مختلط والآخر ردم.

الحسابات:

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i)(D)$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(2.975)(20)$$

=29.75 m³.

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

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(44.243 + 64.785)(20)$$

=1090.28m³.

- ✓ وتم حساب باقي المقاطع للحفر والردم عن طريق برنامج Autodesk كما هو موضح بالجدول (٧-٢):

Alignment: 100

END AREA VOLUME LISTING

Station	Cut Area (m2)	Fill Area (m2)	Cut 1.0000 Volume (m3)	Fill 1.0000 Volume (m3)	Cut 1.0000 Tot Vol (m3)	Fill 1.0000 To. Vol (m3)	Mass Ordina
0+000	14.715	25.566	0+000	14.715	25.566		
		411.822	386.935	411.822	386.935	24.887	
0+020	26.467	13.127	0+020	26.467	13.127		
		591.178	266.532	1003.000	648.667	359.433	
0+040	32.651	12.536	0+040	32.651	12.536		
		609.390	258.159	1612.390	901.726	710.664	
0+060	28.288	13.280	0+060	28.288	13.280		
		436.404	363.248	2048.075	1264.974	783.101	
0+080	15.360	23.045	0+080	15.360	23.045		
		209.000	632.162	2257.875	1797.136	460.739	
0+100	5.540	30.202	0+100	5.540	30.202		
		77.280	649.023	2335.155	2446.458	-111.303	
0+120	2.188	34.701	0+120	2.188	34.701		
		36.276	737.074	2371.430	3183.533	-812.102	
0+140	1.440	39.007	0+140	1.440	39.007		
		31.058	830.309	2402.488	4013.836	-1611.348	
0+160	1.666	44.021	0+160	1.666	44.021		
		30.524	714.392	2441.012	4728.228	-2287.215	
0+180	2.186	27.416	0+180	2.186	27.416		
		51.832	635.821	2492.844	5364.049	-2871.205	
0+200	2.997	36.167	0+200	2.997	36.167		
		75.269	746.061	2568.113	6110.111	-3541.998	
0+220	4.530	38.440	0+220	4.530	38.440		
		90.052	756.073	2668.165	6866.184	-4207.018	
0+240	4.475	37.068	0+240	4.475	37.068		
		72.292	718.284	2730.457	7583.467	-4853.010	
0+260	2.754	34.761	0+260	2.754	34.761		
		27.539	745.588	2757.996	8330.055	-5572.059	
0+280	0.000	39.898	0+280	0.000	39.898		
		58.137	620.352	2816.134	8950.408	-6134.274	
0+300	5.814	22.137	0+300	5.814	22.137		
		191.226	421.277	3007.360	9371.685	-6364.324	
0+320	13.309	19.991	0+320	13.309	19.991		
		392.029	331.135	3399.389	9702.820	6303.131	
0+340	25.094	13.123	0+340	25.094	13.123		
		516.214	232.194	3915.603	9935.014	-6019.411	
0+360	25.727	10.096	0+360	25.727	10.096		
		520.702	235.874	4436.305	10170.889	-5734.583	
0+380	20.343	13.491	0+380	20.343	13.491		
		391.010	395.206	4827.316	10566.094	-5738.779	
0+400	12.758	26.030	0+400	12.758	26.030		
		279.012	516.492	5106.328	11082.587	-5976.259	
0+420	15.143	25.620	0+420	15.143	25.620		

		350.134	336.921	5466.462	11418.607	-6062.046
0+440	19.870	7.973	0+440	19.870	7.973	
		448.540	112.961	5905.002	11531.468	-5626.467
0+460	24.984	3.324	0+460	24.984	3.324	
		582.134	44.582	6487.136	11576.050	-5088.914
0+480	33.230	1.135	0+480	33.230	1.135	
		841.849	13.007	7328.985	11589.058	-4260.073
0+500	50.955	0.166	0+500	50.955	0.166	
		1238.375	1.661	8565.360	11590.719	-3025.359
0+520	72.682	0.000	0+520	72.682	0.000	
		1647.291	0.000	10212.651	11590.719	-1378.068
0+540	92.047	0.000	0+540	92.047	0.000	

END AREA VOLUME LISTING

	Cut	Fill	Cut 1.0000	Fill 1.0000	Cut 1.0000	Fill 1.0000	
Station	Area (m2)	Area (m2)	Volume (m3)	Volume (m3)	Tot Vol (m3)	Tot Vol (m3)	Mass Ordina
			1780.989	0.000	11990.540	11590.719	402.021
0+560	86.042	0.000					
			1517.057	0.000	13510.597	11590.719	1919.878
0+580	85.664	0.000					
			1084.225	2.708	14594.822	11593.425	3001.396
0+600	12.759	0.271					
			677.166	84.447	15271.988	11677.872	3594.116
0+620	24.958	8.174					
			384.957	346.269	15656.944	12024.141	3632.804
0+640	13.638	26.453					
			241.683	401.128	15898.627	12425.269	3473.358
0+660	10.630	13.660					
			218.687	360.806	16117.314	12786.075	3331.239
0+680	11.230	22.421					
			217.412	382.267	16334.726	13168.342	3166.384
0+700	10.503	15.806					
			197.411	387.359	16532.137	13555.701	2976.436
0+720	8.238	22.930					
			136.690	494.912	16668.827	14050.613	2618.213
0+740	5.431	26.561					
			101.224	490.064	16760.050	14540.677	2219.374
0+760	4.692	23.045					
			93.704	406.356	16853.754	14963.032	1890.722
0+780	4.079	17.591					
			105.509	341.082	16959.264	15294.114	1665.149
0+800	6.872	16.618					
			173.373	270.913	17132.637	15565.027	1567.609
0+820	11.465	10.574					
			294.362	155.317	17426.998	15720.344	1706.654
0+840	17.971	4.958					
			413.203	69.110	17840.202	15779.455	2060.747

0+860	23.340	0.963					
		525.046	13.453	13365.247	15792.907	2572.340	
0+880	29.155	0.392					
		597.971	5.638	18963.218	15798.575	3164.643	
0+900	30.642	0.174					
		605.952	1.745	19569.170	15800.320	3768.850	
0+920	29.953	0.000					
		550.608	0.078	20119.778	15800.398	4319.379	
0+940	25.108	0.008					
		420.384	7.974	20540.162	15808.353	4731.809	
0+960	16.931	0.788					
		261.978	77.291	20802.140	15885.647	4916.493	
0+980	9.267	6.942					
		178.276	200.290	20980.418	16091.943	4888.470	
1+000	8.561	13.688					

Alignment: 2000

END AREA VOLUME LISTING							
	Cut	Fill	Cut 1.0000	Fill 1.0000	Cut 1.0000	Fill 1.0000	
Station	Area (m2)	Area (m2)	Volume (m3)	Volume (m3)	Tot Vol (m3)	Tot Vol (m3)	Mass Ordinate
0+000	150.308	0.000					
		2606.399	0.000	2606.399	0.000	2606.399	
0+020	109.732	0.000					
		1875.639	0.000	4482.038	0.000	4482.038	
0+040	77.832	0.000					
		1388.402	0.000	5870.440	0.000	5870.440	
0+060	61.308	0.000					
		1074.697	0.000	6945.137	0.000	6945.137	
0+080	46.180	0.000					
		793.492	0.000	7738.619	0.000	7738.619	
0+100	32.889	0.000					
		420.837	131.178	8159.456	131.178	8028.278	
0+120	9.105	13.118					
		121.696	573.812	8281.151	704.990	7576.161	
0+140	2.975	44.243					
		29.748	1090.288	8310.899	1795.079	6515.821	
0+160	0.000	64.785					
		0.000	1345.377	8310.899	3140.455	5170.444	
0+180	0.000	69.752					
		0.000	1231.391	8310.899	4371.847	3939.052	
0+200	0.000	53.387					
		0.000	618.573	8310.899	4990.420	3320.479	
0+220	0.000	8.470					

جدول (٧-٢) مقاطع الحفر والردم عن طريق Auto desk

الفصل الثامن

٨

تصريف مياه الأمطار

٨-١ المناخ.

٨-٢ جغرافية المنطقة.

٨-٣ المطر.

٨-٤ الرياح.

٨-٥ الرطوبة النسبية.

٨-٦ اختيار أنواع شبكات الصرف.

٨-٧ المعايير التصميمية لشبكات تصريف مياه الأمطار.

٨-٨ المسح المائي.

٨-٩ البالوعات.

٨-١٠ العبارات.

٨-١١ التصريفات الناتجة من الأمطار وتصميم شبكاتها.

٨-١٢ حساب مقاطع العبارات.

الفصل الثامن

تصريف مياه الأمطار

1-8 المناخ (Climate):

يتبع مناخ مدينة حلحول مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط، وتكون فترة هطول الأمطار فيها من شهر تشرين الثاني إلى شهر نيسان، ويكون الطقس في الفترة ما بين شهر أيار إلى شهر تشرين الأول مشمسا ولا تتساقط فيه الأمطار.

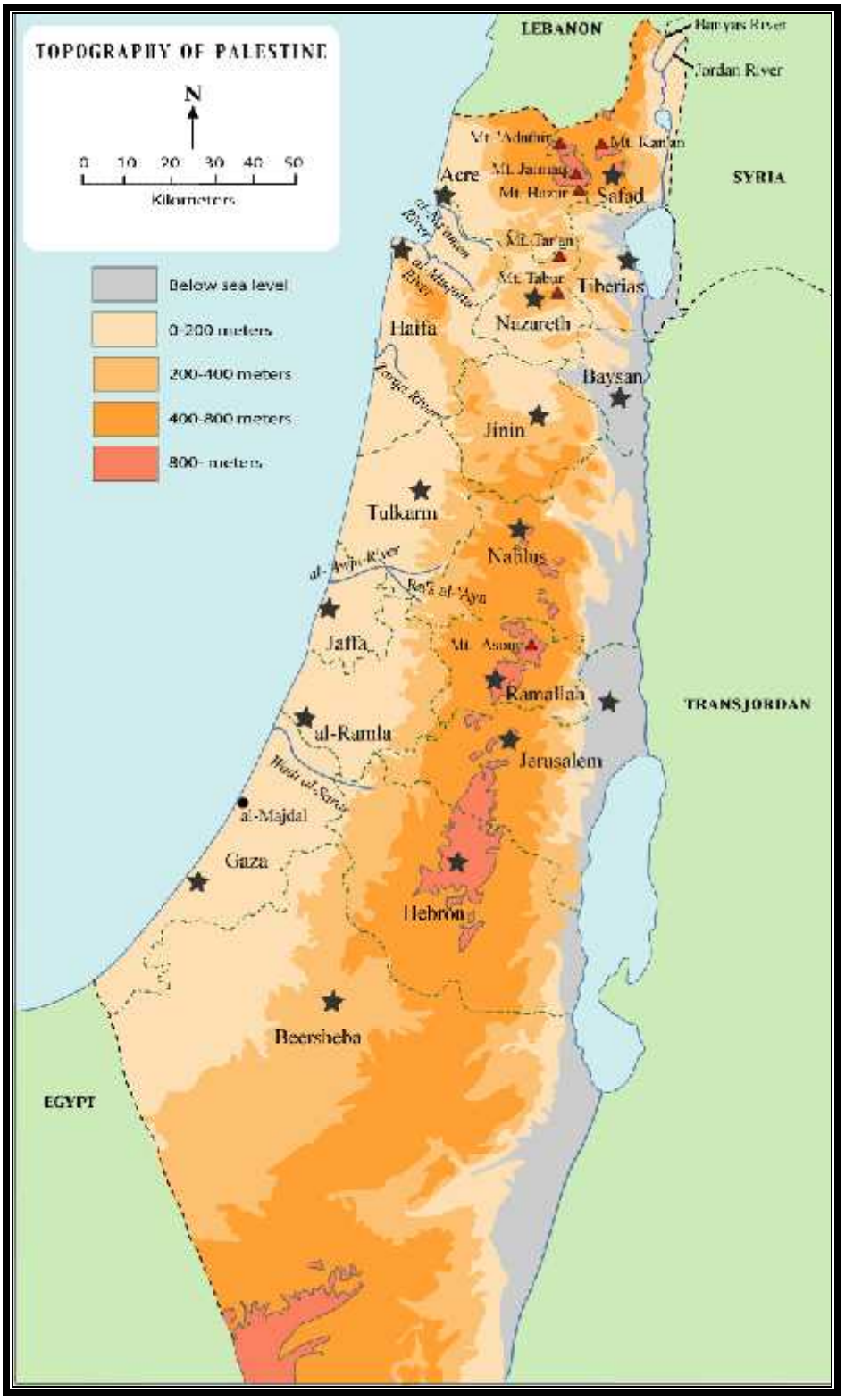
2-8 جغرافية المنطقة (Geography) :

تقع بلدة حلحول على الكيلو متر 30 من طريق القدس ـ الخليل وعلى بعد 7 كم من شمال الخليل ، كما وتبعد نحو 25 كم عن البحر الميت و60 كم عن البحر المتوسط ويبلغ ارتفاعها 997م عن سطح البحر.
وتقع منطقة المشروع المراد عمل نظام تصريف مياه الأمطار فيها ما بين (850-1000m) فوق سطح البحر .والشكل (٨-١) يبين الخارطة الطبوغرافية لفلسطين وتظهر بها طبوغرافية الخليل.

3-8 المطر (Rainfall):

إن معدل المطر السنوي المتوسط لمدينة حلحول حسب محطة الأرصاد الجوية في مدينة الخليل لستة سنوات تقريبا من عام ٢٠٠٠م إلى عام ٢٠٠٦ م يعادل 571.1mm وكان:

- المطر الشهري الأقصى 329.5mm في كانون الثاني عام 2001-2002 .
- المطر السنوي الأقصى 721.6mm في الفترة ما بين 2002-2003.
- المطر السنوي الأقصى 414.0 mm في الفترة ما بين 2005-2006.



الشكل رقم (8-1) خارطة فلسطين الطبوغرافية.

وتبين الجداول التالية معدل سقوط الأمطار لست سنوات ما بين عام 2000-2006، وأخذت البيانات من محطة الخليل الأرصاد الجوية الواقعة على ارتفاع 985m+.

Table(8-1): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2000-2001)

MONTH												
DAY	**Sep**	**Oct**	**Nov**	**Dec**	**Jan**	**Feb**	**Mar**	**Apr**	**May**	**Jun**	**Jul**	**Aug**
1				٩								
٢				٧.٤					٤٥.٩			
٣					١.٢				١١			
٤						٧.٣						
٥						١٩.٢		١				
٦					٤	٤						
٧												
٨						١٥		٤.١				
٩				١٠			٤					
١٠				١٢		١	١٥					
١١												
١٢				١.٢								
١٣				١٩.٢								
١٤				١٢.٥		٠.٤						
١٥						٣						
١٦		٤.٤		٠.٣		٢.٧						
١٧						٢						
١٨						٧.٦						
١٩												
٢٠				٧.٤	٣٦.٧							
٢١		١.٢		٣٨.٨	٠.٢	١١						
٢٢		١				١٩						
٢٣		٠.٥		٩.٤	١.٨		٥.٥					
٢٤		٤.٩			١٣.٨		٠.٣					
٢٥		١.٢		٨٦.٨	٥٦.٢							
٢٦		٩.٧		٦.٦								
٢٧					٣١.٨							
٢٨												
٢٩			١.٣									
٣٠												
٣١												
Total:	٠.٠	٢٢.٩	١.٣	٢٢٠.٦	١٤٥.٧	٩٢.٢	٢٤.٨	٥.١	٥٦.٩	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:					**569.5**							

Table (8-2): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2001-2002)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1				٧								
٢												
٣					٢٥.٤			٩.٤				
٤				٠.٢	٢.٨			٨				
٥				٦٢								
٦				١٦.٥								
٧			٥									
٨			٠.٦		٥٤.٣							
٩					٦١							
١٠					٤٢.٦	١٢						
١١					٤.٣	٣.٥						
١٢					٢.٧	٢٤.٧						
١٣						٢٠.٣						
١٤												
١٥				٣.٦					٨.٤			
١٦					٠.٧							
١٧			٦.٢				٠.٨		٣.٥			
١٨			١٨.٥									
١٩												
٢٠				٣٧.٦	٢٦							
٢١				٩.٦	٢١			٢.١				
٢٢			١٢.٦		٣٥.٦		١.٢	٠.٨				
٢٣			٥.٢									
٢٤						٠.٦						
٢٥												
٢٦			٤			٠.٢						
٢٧		٠.١	١.٢		١							
٢٨		٢			٤٢.٢		١٣.٦					
٢٩		٦.٤	٠.٣		١٠							
٣٠							٣١					
٣١												
Total:	٠.٠	٨.٥	٥٣.٦	١٣٦.٥	٣٢٩.٥	٦١.٣	٤٧.٤	٢٠.٣	١١.٩	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:					669.0							

Table(8-3): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2002-2003)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1												
٢												
٣					٧		٢					
٤						١٢						
٥			٤.٤									
٦												
٧							١١.٨					
٨						١٥.١						
٩			٠.٨	١٦								
١٠				٣٥								
١١				٣٣			٣.٣					
١٢			٣.٧	١.٨			٣٣					
١٣					٠.٨							
١٤					٨.٢	٤٨.٧						
١٥				٣.٧	١٥	١٢.٢		٠.٥				
١٦		٠.٣										
١٧				٢١	١.١							
١٨				١٣.٢	٣.٧		٢٢					
١٩					٥			٠.٣				
٢٠		١.٨		٩٩.٦	٢٤.١			١.٨				
٢١				١٢.٤	١٠.٣	١٢.٥	٤	١				
٢٢				١.٢	٠.٤	٥.٩						
٢٣				٣٦		٥						
٢٤			٨				١٨					
٢٥				١١.٦			٢١.٨					
٢٦				١.٥			١	٨.٨				
٢٧								٣.٧				
٢٨						٧٤.٣						
٢٩			٤.٢									
٣٠		٥.٤		٦								
٣١		٦.٧										
Total:	٠.٠	١٤.٢	٢١.١	٢٩٢	٧٥.٦	١٨٥.٧	١١٦.٩	١٦.١	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:				721.6								

Table(8-4): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2003-2004)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1						٦						
٢				٠.٨		١٠.٤			٠.٦			
٣				٢٤								
٤								١.٨				
٥				١٩		١١.٧	٧					
٦				٠.٦		٥.٢	١٠.٨					
٧				٦.٨		٠.٤						
٨					٢٩.٦							
٩					٢٦.٢							
١٠					١							
١١			٢.٧									
١٢						٤.٦						
١٣					٢٨.٥							
١٤					٣٠.٨	٤.٢	٠.٧					
١٥				٣	٤٢.٦	١٤.٢	٠.٨					
١٦				٠.٦		٨.٢	٤.٨					
١٧												
١٨												
١٩				٣١.٩		١٠.٨						
٢٠				٥٤.٣		١٤						
٢١												
٢٢					٨.٥	٨						
٢٣												
٢٤												
٢٥												
٢٦		٠.١			٠.١							
٢٧					١.٧							
٢٨				٠.٧	١٣.٦							
٢٩		١٢.٤		٢.٢								
٣٠												
٣١												
Total:	٠.٠	١٢.٥	٢.٧	١٤٤.٥	١٨٢.٦	٩٧.٧	٢٤.١	١.٨	٠.٦	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:					466.5							

Table(8-5): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2004-2005)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1												
٢						٣		٢				
٣					٣٤.٨			٦.٥				
٤					٣٠.٥		٠.٩	٣.٥				
٥						٧.٦						
٦					٤٤.٥	١.٢						
٧				١١.٣		٢٦.٦						
٨				٩.٢		٣٣.٣	٠.٢					
٩						٢٥	١٦.٤					
١٠							١٧.٤					
١١				٠.٣		١٠.٥	٧.٦					
١٢						١٠	٥.٨					
١٣							٠.٧					
١٤												
١٥												
١٦				٦.١								
١٧			٤.٧									
١٨			١.٤		١							
١٩			٦.٦									
٢٠					١.٤	١						
٢١												
٢٢			٢٦.٦									
٢٣			٨٢.٦		١٠							
٢٤				١٦.٦	٣٠.٨			٠.٧				
٢٥				٦.٢								
٢٦												
٢٧			٤.٧									
٢٨		٠.٩										
٢٩		٣.٣										
٣٠												
٣١												
Total:	٠.٠	٤.٢	٢١١	٤٩.٧	١٥٣	١١٨.٢	٤٩	١٢.٧	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:						598.0						

Table(8-6): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2005-2006)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1								٥٥				
٢								١.٧				
٣						٤.١						
٤					٢.٨	٨.٩		٣.٤				
٥			٢.٤					١٨.٥				
٦			١٣.٦									
٧			١.٤									
٨					١.٢							
٩					١٣.٩		٥.٤					
١٠					١.٢	٠.٤	١١					
١١					٠.٨							
١٢					٢٠.٢							
١٣					٠.٨							
١٤					٥.٢	٥.٢						
١٥			٢.٨			١٤.٩		٠.٢				
١٦			١.٢		٤	٣٧.٦		٣.٢				
١٧				٥.٨	١٢.٤	١٢.١						
١٨				٠.٤	٨.٨							
١٩												
٢٠		١٠.٢	١.١		٤.٨							
٢١		٠.٢	٢٥.٨	٠.٤								
٢٢												
٢٣				٤								
٢٤				١٨.٦				١.٢				
٢٥				٣٣	١.١							
٢٦				٢٢	٢.٦	٠.٦						
٢٧					٢.٧	١.٨						
٢٨					٣.٤							
٢٩												
٣٠												
٣١												
Total:	٠.٠	10.4	48.3	84.2	85.9	85.6	16.4	83.2	٠.٠	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:						414.0						

٨-٤ الرياح (Winds):

تختلف سرعة الرياح واتجاهها من فصل إلى أخر، ففي فصل الشتاء يكون اتجاه الرياح عند الصباح من المنطقة الجنوبية الغربية، ويكون اتجاهها عند وقت الظهيرة من الجهة الجنوبية الغربية و من الغرب، أما بالليل فمن الجهة الغربية الشمالية والغرب، وفي الصيف يكون اتجاهها طوال اليوم شمالية شرقية، وكان متوسط سرعة الريح في فصل الشتاء (12 m/s) وبالصيف (8 m/s). (محطة الخليل للأرصاد الجوية).

٨-٥ الرطوبة النسبية (Relative Humidity):

الرطوبة النسبية في منطقة حلحول أقل من تلك المناطق التي توجد في السهل مثل السهل الساحلي الفلسطيني، وتتراوح الرطوبة النسبية في منطقة الخليل ما بين (٣٠ – ٨٠) %.

6-8 اختيار أنواع شبكات الصرف:

تختلف كل منطقة عن الأخرى في الظروف والعوامل التي تؤثر في اختيار نوع شبكات الصرف، فموسم الأمطار يقتصر في بعض البلاد على شهور الشتاء فقط وفي بلاد أخرى على مدار العام كله، وكثافة الأمطار وتكرارها وشدتها وعلاقة ذلك بتصريف المخلفات السائلة الأخرى وتأثير مياه الأمطار على طرق المعالجة المستخدمة وطرق التخلص منها، وكذلك طبوغرافية المدينة ومدى تأثيرها على الصحة العامة وتكاليف الإنشاء كل هذه العوامل يجب دراستها وتحليلها لاختيار نوع شبكة التجميع المناسبة.

7-8 المعايير التصميمية لشبكات تصريف مياه الأمطار:

لتصريف المياه عن سطح الطريق يلزم عمل ميلان في سطح الطريق وتكون نسبة الميلان العرضي ٢% وتزداد كلما كان السطح أخشن، أما ميلان سطح الطريق عند المنعطف لأغراض تصميمه فيكون باتجاه واحد مع الأخذ بعين الاعتبار ميلان الأكتاف عند المنعطفات.

عندما تكون الطريق مقسومة بجزيرة فإن تصريف المياه يصبح أصعب ومع زيادة عدد المسارب في الجزء الواحد فإن ميول هذه المسارب يزداد من مسرب إلى آخر في أثناء توجهنا إلى الأطراف حتى نصل إلى الكتف الذي يجب أن يزداد ميله عن ميل آخر مسرب.

عند تصميم الطريق لابد من دراسة حركة المياه السطحية وحماية جسم الطريق منها بالإضافة إلى تجميعها وتصريفها ولضمان ذلك فانه لا بد من إتباع الخطوات التالية:

١. تصريف المياه عن السطح بواسطة الانحدار الطولي للطريق والذي يجب أن يكون بنسبة 0.5 % على الأقل.
٢. تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الانحدار الكافي لتصريف المياه.
٣. منع المياه المتساقطة على سطح الطريق من النفاذ إلى داخل جسم الطريق وذلك بجعل سطح الطريق غير مسامي لا تنفذ من خلاله المياه مع تسكير الشقوق التي تظهر في السطح بأسرع ما يمكن.
٤. رفع سطح الطريق عن مستوى المياه الجوفية أو تخفيض منسوب هذه المياه بالضخ.
٥. تمديد شبكة مواسير مثقبة في جسم الطريق لتجميع المياه فيها وتصريفها.
٦. وضع طبقة رقيقة مانعة لنفاذ المياه كأوراق الإسفلت تمنع نفاذ المياه من الأسفل إلى الأعلى.
٧. فرش طبقة مسامية حصوية أو رملية تحت سطح الطريق الترابي حتى إذا وصلت المياه إليه تسربت إلى الجانبين بدل من صعودها نحو الأعلى.
٨. بناء جدران استنادية لحماية جسم الطريق من السيول.
٩. منع وصول المياه للطريق من التلال المجاورة لها وذلك بعمل أقنية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.
١٠. بناء الأطاريف والبالوعات اللازمة لجمع وتصريف المياه.
١١. عند تصميم الطريق يجب أن نجنبها قطع الأنهار والجداول قدر الإمكان كما يجب بناء الطريق بشكل يساعد على انسياب المياه بعيدا عنها بدلا من انسيابه نحوها.
١٢. السماح بمرور المياه من تحت الطريق بواسطة عبارات أو جسور.

8-8 المسح المائي:

يتم تنفيذ جميع الخطوات المذكورة سابقا أثناء تصميم وإنشاء الطريق ولا بد من الاهتمام بتصميم العبارات والجسور لضمان تصريف المياه بسهوله، ونعني بتصميمها تحديد سعتها بالإضافة إلى تصميم قوتها، وقبل معرفة سعتها يجب تقدير كميات المياه التي ستمر من خلالها ولمعرفة ذلك لابد من القيام بعملية مسح مائي تتلخص فيما يلي:

1. تحديد مساحة الأراضي التي تزود العبارة أو الطريق بالمياه وهي المساحة التي تتساقط عليها الأمطار وتتجمع لتصب في العبارة أو الطريق.

2. تقدير كمية الأمطار التي تهطل على تلك المساحة ومدة هطولها وكيفية توزيعها على مدار السنة وتكرارها في السنوات السابقة بحيث يتم تحديد الدورات وطول الدورة وتكرارها.

3. تحديد معامل الانسياب السطحي وهو نسبة المياه التي تنساب على سطح الأرض من مجموع المياه التي تهطل على تلك الأرض ، أي نسبة ما يصل إلى العبارة او الطريق من مجموع المياه المتساقطة على الأرض.

إن قسما من مياه الأمطار يتسرب إلى داخل الأرض وجزء آخر يتبخر وآخر ينساب على السطح ويمر من العبارة التي سيتم إنشائها.
يعتمد مقدار الانسياب السطحي على مساحة الأراضي التي تسقط عليها الأمطار وحدة انحدار هذه الأراضي، كما يعتمد على نوعية التربة (مسامية أو غير مسامية) وأيضا على الانسياب على مساحة الأبنية والطرق والأرصفة في تلك المنطقة حيث أن المنطقة الكثيرة الشوارع والأرصفة تتسبب في انسياب الماء السطحي، وان الرياح التي تهب باتجاه الانحدار تساعد على زيادة الانسياب السطحي .

- ✓ تستخدم القوانين الهيدروليكية المختلفة التي تحكم سريان المياه بالانحدار في المواسير والقنوات ومن هذه المعادلات William-Hazen, and Manning.

ويراعى في تصميم المواسير الأسس الآتية:

1 . مراعاة التغير في معادلات الصرف بحيث لا تقل السرعة عندما تكون الماسورة ممتلئة تماما عن:

- 90سم /ثانية لأقطار المواسير حتى 200مم.
- 80سم/ثانية لأقطار المواسير بين 200و 500مم.
- 75سم/ثانية لأقطار المواسير أكبر من 500مم.

2 . أن لا تقل السرعة بمواسير الصرف عن 45سم/ثانية في حالة أدنى صرف.

3. في اتجاه سريان المياه يجب ألا تقل السرعة في أي خط عن الخط السابق له ولكن ربما تزيد، ومعنى هذا أن أي خط مواسير صرف لا يصب في أي خط أخر مصمم على سرعة أقل.

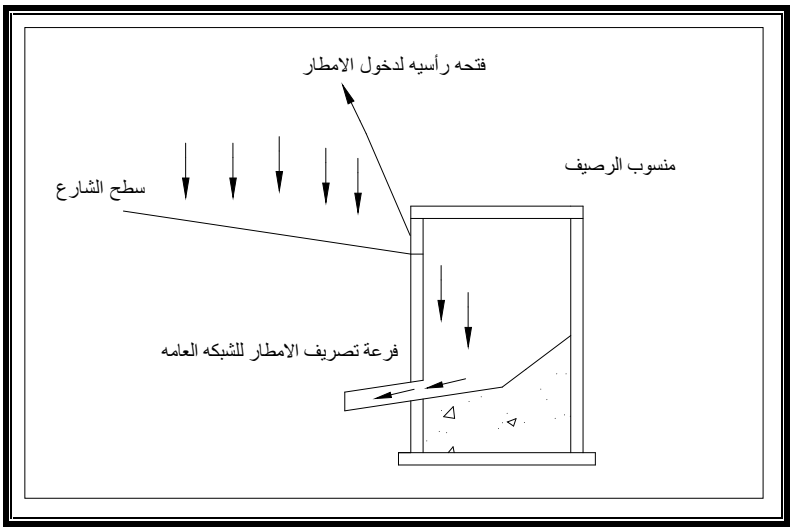
4 . يجب ألا تزيد السرعة بالمواسير عن حدود معينة لسببين:

- تآكل المواسير نتيجة لشدة احتكاك المياه وما بها من أتربة ورمال عند زيادة السرعة بدرجة كبيرة.
- زيادة ميول المواسير في حالة زيادة السرعة ويتبع ذلك زيادة في أعماق خنادق المواسير وزيادة كبيرة في التكاليف الإنشائية للمواسير وملحقاتها.

9-8 البالوعات:

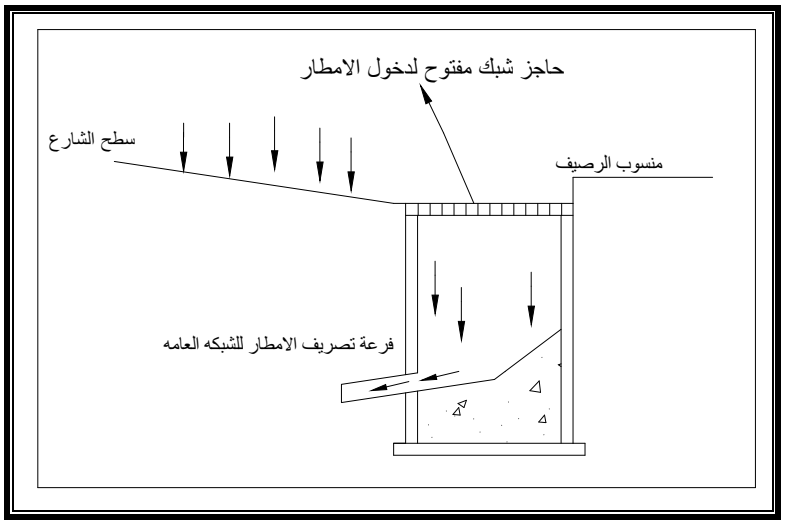
تصمم على جانبي الطريق بجوار الرصيف أو تحته، وتكون عادة عند تقاطع الطريق، وفي الأماكن المنخفضة بالنسبة للاتجاه الطولي للشارع وتكون في صورة مبسطة لمجرد تجميع مياه الأمطار وغسيل الطريق وتصريفها إلى شبكة التصريف العمومية.
وأحيانا تكون عميقة وبها حيز لحجز الأتربة والرمل، حتى لا تصل هذه المواد إلى مواسير التصريف الرئيسية، وتكون الفتحات التي تدخل منها الأمطار والمياه إما رأسية في جانب الطريق كما في الشكل (8-2) أو أفقية بجوار الرصيف مباشرة كما في الشكل (٨-3).

يصمم ويراعى أن ينشأ القاع بميول إلى مدخل التصريف ما عدا البالوعات التي بها حيز لحجز الرمال وأتربة فيصمم القاع بطريقة تساعد على تفريغ البالوعة من الأتربة بسهولة.



الشكل رقم (٨-٢) فتحات رأسية للبالوعات

- ✓ وهذا النوع من البالوعات التي تم استخدامها في هذا المشروع.



الشكل رقم (٨-3) فتحات أفقية للبالوعات

وتم اخذ المسافة بين البالوعات على اساس ميل الشارع كما هو موضح بالجدول التالي:

ميل الشارع %	١-٠	٥-٣	١٠-٥	٣٠-١٠
المسافة بين البالوعات	٤٠	٦٠-٤٠	٨٠-٦٠	١٠٠-٨٠

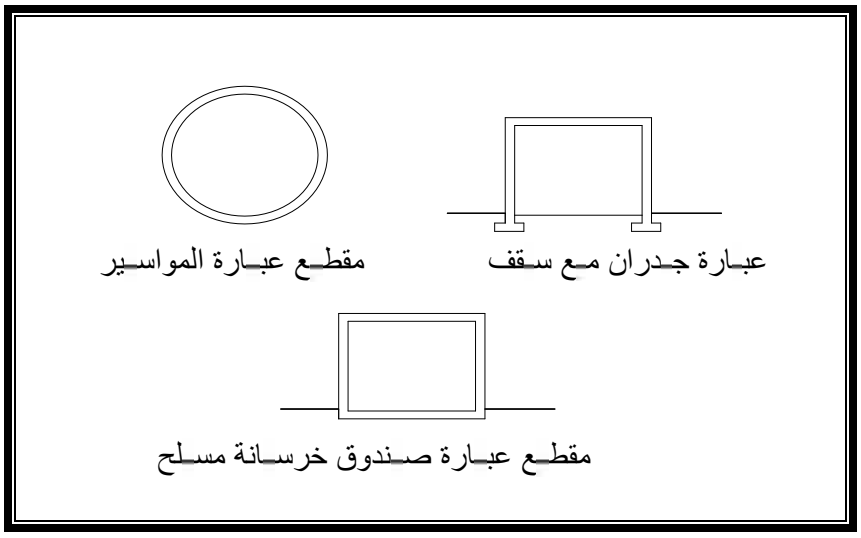
الجدول رقم (٨-٧) المسافة بين البالوعات على اساس الميل.

10-8 العبارات:

يتم بناء العبارات عادة قبل المباشرة بإنشاء الطريق بحيث توضع العبارة في المكان الصحيح وبنفس اتجاه مجرى الماء ولو أدى ذلك لجعلها غير متعامدة مع الطرق وبالتالي إلى زيادة طولها وارتفاع تكاليفها, و العبارات تستخدم في عملية تجميع مياه الأمطار التي تسقط على جانبي الطريق من الجبال والأودية **وتكون مصنوعة من الاسمنت المسلح** وتوضع العبارة في حالة أن تجميع مياه الأمطار على جانبي الطريق ويكون منسوبها اقل من منسوب الشارع ويفضل أن توضع العبارة بشكل عمودي مع اتجاه الشارع لتصريف المياه المتجمعة أسفل **الشارع**.

يعتمد طول العبارة على عرض جسم الطريق وميوله الجانبية كما يعتمد على انحدار العبارة والزاوية التي تصنعها مع محور الطريق، ولذا فإن العبارات على الطريق الواحد تختلف أطوالها تبعا لهذه العوامل، إن طول العبارة يزيد على طول سطح الطريق وقد يصل هذا **الطول إلى ضعف طول سطح** الطريق.

يجب أن تكون العبارة قوية تتحمل ثقل السيارات والردم الذي فوقها بكفاءة مع الأخذ بعين الاعتبار أنه كلما انخفض مستوى ظهر العبارة عن سطح الطريق توزع ضغط السيارة على مساحة أكبر، وتمكنت العبارة من حمل الأثقال دون فشل، لهذا السبب كان لا بد من تخفيض ظهر عبارة المواسير تحت سطح الطريق الترابي بحوالي **١ م** لأنها أضعف من عبارات الصناديق والجسور التي تستطيع أن تتحمل أثقال السيارات مباشرة، خاصة إذا لم يتواجد فوقها الطمم الترابي.



شكل رقم (8- 4) أشكال ومقاطع العبارات.

- ✓ وكانت العبارات المستخدمة في هذا المشروع عبارات دائرية.

11-8 التصريفات الناتجة من الأمطار وتصميم شبكاتها:

يمكن حساب التصريفات التي تصل شبكات التصريف من مياه الأمطار بإتباع الخطوات التالية:

1. تحديد معدلات الأمطار المسموح باستخدامها في التصميم ويتوقف ذلك على أهمية كل منطقة ومدى الأضرار التي تتعرض لها المنشآت بسبب فيضان الأمطار.

2. تحديد النسبة التي تصل شبكات التصريف من مياه الأمطار ويتوقف ذلك على طبيعة المنطقة وما بها من مساحات ترابية ومساحات مرصوفة وميول الأرض ونسبة ما يمكن فقده بالتسرب في المناطق الغير المرصوفة ، وكذلك تخطيط شبكة التصريف التي تستقبل مياه الأمطار وتسمى هذه النسبة بمعامل المطر التي تزيد قيمته مع زيادة كثافة الأمطار.

3. **استخدام** احد الطرق لحساب تصريف المياه ، وأبسط هذه الطرق **تتم** بتحديد كل مساحة تصرف أمطارها على خط الصرف المطلوب تصميمه ويكون التصريف في هذه الحالة:

$$Q = C \times I \times A \quad \text{..... (8-1)}$$

حيث:

- Q: كمية المياه (Flow rate). (**لتر** / ثانية).
- C: معامل الانسياب السطحي (C Factor) (**معامل المطر**).
- I: **كثافة المطر** (Rainfall intensity). (**لتر** / ثانية. هكتار).
- A: **المساحة** (Area). (هكتار).

نوع السطح	معامل المطر (C Factor)
أسطح المباني	0.95 – 0.75
شوارع ومسطحات مرصوفة رصف جيد	0.95 – 0.85
رصف بالطوب أو الحجارة بالمونة	0.85 – 0.75
رصف بالطوب او الحجارة بدون مونة	0.70 – 0.50
طرق بدكة بقشوم او حصى	0.60 – 0.25
طرق زلطية ومشايات مدكوكة	0.30 – 0.15
طرق غير مرصوفة	0.30 – 0.10
حدائق ومساحات خضراء	0.20 – 0.10

جدول رقم (8-8) **معامل المطر للأسقف المختلفة.**

في هذا المشروع أخذنا قيم معامل المطر للإسفلت ٠.٧ وللمناطق الترابية في المناطق الجبلية والزراعية 0.15 كما هو موضح **بالعمود** (8) **في الجدول رقم** (8-9) **والذي يبين** الحسابات لتصميم شبكة صرف المياه للطريق:

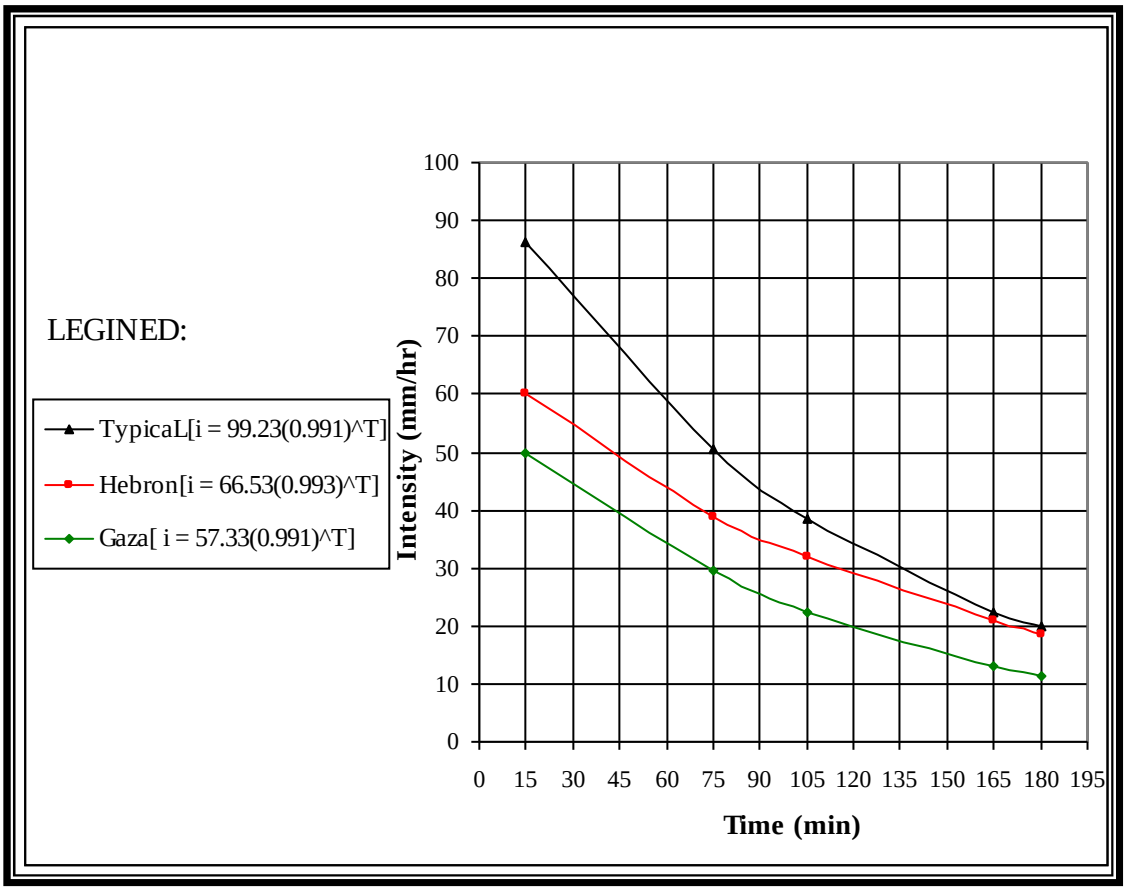
Table (9.6): Q MAX

NUMBER	LOCATION			LENGTH		AREA of Street	C FACTOR Street						STREET DATA		
	LINE NAME	UPPER MH. NO.	LOWER MH. NO.	LENGTH	COMULATIVE LENGTH			C.A STREET	SUM(AC) COMULATIVE	Tc	(I)	Q	UPPER MH. ELEV.	LOWER MH. ELEV.	STREET SLOPE
				(m)	(m)	(ha)		(ha)	(ha)	(min)	(l/s.ha)	(l/s)	(m)	(m)	(%)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	A	1	2	60	60.000	0.1	0.700	0.070	0.070	11.000	167.345	11.714	955.5	950.5	8.33%
2	A	2	3	60	120.000	0.1	0.700	0.070	0.140	12.000	165.830	23.217	950.5	944.5	10.00%
3	A	3	4	60	180.000	0.1	0.700	0.070	0.210	13.000	164.346	34.513	944.5	938.5	10.00%
4	A	4	5	60	240.000	0.1	0.700	0.070	0.280	14.000	162.867	45.603	938.5	932.5	8.83%
5	A	5	6	51.4	291.400	0.1	0.700	0.070	0.350	14.857	161.610	56.564	933.2	928.4	9.34%
6	A	6	7	36.85	328.250	0.07	0.700	0.049	0.399	15.441	160.716	64.126	928.4	925.7	7.33%
7	A	7	8	36.73	364.980	0.06	0.700	0.042	0.441	16.006	159.851	70.495	925.7	922.8	8.17%
8	A	8	9	55.94	419.920	0.1	0.700	0.070	0.511	16.999	158.511	80.999	922.8	918.7	7.33%
9	A	9	10	20	447.920	0.05	0.700	0.035	0.546	17.465	157.841	86.183	918.7	916.3	8.57%
10	A	10	11	32	479.920	0.06	0.700	0.042	0.588	17.999	157.084	92.366	916.3	913.7	8.13%
11	A	11	12	60	539.920	0.1	0.700	0.070	0.658	18.999	155.671	102.431	913.7	909	7.83%
12	A	12	13	33.6	573.520	0.07	0.700	0.049	0.707	19.559	154.884	109.503	909	905.7	9.82%
13	A	13	14	36.76	609.280	0.07	0.700	0.049	0.756	20.155	154.052	116.483	905.7	903.5	6.15%
14	A	14	15	50.56	659.840	0.09	0.700	0.063	0.819	20.997	152.883	125.211	903.5	899	8.90%
15	A	15	16	59.87	719.710	0.1	0.700	0.070	0.889	21.995	151.510	134.692	899	895.3	6.18%
16	A	16	17	22.65	742.360	0.05	0.700	0.035	0.924	22.373	150.994	139.518	895.3	893.5	7.95%
17	A	17	18	37.4	779.760	0.05	0.700	0.035	0.959	22.906	150.145	144.449	893.5	891.5	5.35%
18	A	18	19	47.19	826.950	0.08	0.700	0.063	1.022	23.783	149.081	196.671	891.5	888.2	6.99%
19	A	19	20	45.9	872.850	0.08	0.700	0.056	1.078	24.518	148.054	204.062	888.2	884.4	8.28%
20	A	20	21	26.78	899.630	0.05	0.700	0.035	1.113	24.954	147.458	208.580	884.4	883.6	2.99%
21	A	21	22	60	959.630	0.1	0.700	0.070	1.183	25.954	146.131	217.332	883.6	879.65	6.58%
22	A	22	23	48.68	1008.310	0.09	0.700	0.063	1.246	26.805	145.063	225.980	879.65	876.5	6.47%

Table (3-5): Q MAX

NUMBER	LOCATION		LENGTH	LENGTH COMULATIVE	AREA of Street	C FACTOR Street	C.A STREET	sum(Ac) COMULATIVE	Tc	I	Q	STREET DATA		
	LINE NAME	UPPER MH. NO.	LOWER MH. NO.	(m)	(m)	(ha)		(ha)	(min)	(l/s.ha)	(l/s)	UPPER MH. ELEV. (m)	LOWER MH. ELEV. (m)	STREET SLOPE (%)
1	2	3	4	5	6	7	9	11	14	15	16	17	18	19	20
1	B	1	2	54.979	54.979	0.09	0.700	0.063	0.063	10.916	167.471	10.551	905.78	902.03	6.82%
2	B	2	3	32.977	87.956	0.05	0.700	0.035	0.098	11.466	166.641	16.331	902.03	899.2	8.58%
3	B	3	4	55.851	143.807	0.1	0.700	0.070	0.168	12.397	165.245	27.751	899.2	895.68	6.30%
4	B	4	5	39.468	183.275	0.06	0.700	0.042	0.210	13.055	164.265	34.496	895.68	894.2	3.75%
5	B	5	6	44.106	227.381	0.07	0.700	0.049	0.259	13.790	163.477	42.283	894.2	893.6	1.36%
6	B	6	LINE A	11.62	239.001	0.02	0.700	0.014	0.273	13.983	162.891	44.469	893.6	893.5	0.86%

وكثافة المطر في منطقة الخليل موضحة كما في **الشكل التالي**:



الشكل (٨-5) **كثافة المطر**.

والجدول التالي يوضح مدة كثافة المطر لمنطقة الخليل :

RETURN PERIOD(5YEARS), B = 66.53 AND M = 0.993					
Duration(min)	15	75	105	165	180
Rainfall(mm)	15.5	10.2	12.3	9.8	21.3

جدول رقم (8-10) **مدة** كثافة المطر لمنطقة الخليل.

والمعادلة التالية تعبر عن مدة كثافة المطر:

$$i = b * m^T \quad \text{..... (8-2)}$$

حيث :

- i: كثافة المطر(mm/hr)- intensity .
- T: مدة السقوط (min) -duration time.
- b,m: ثابت (constants).

✓ أخذنا قيمة b لمدة خمس سنوات 78.70 وقيمة m تساوي 0.991.

يتم حساب قيمة T من المعادلة التالية:

$$t_c = t_i + t_f \quad \text{min} \quad \text{..... (8-3)}$$

حيث :

- t_c: وقت تركيز المطر(time of concentration).
- ti: وقت الفتحة (inlet time).
- tf: وقت التدفق (flow time).

✓ وأخذنا وقت الفتحة (inlet time) تقريبا ١٠-١٥min أما وقت التدفق:

وقت التدفق(tf) = (طول خط الأنبوب /سرعة التدفق).....(8-3)

حيث أخذنا سرعة التدفق بهذا المشروع 1 m/s، بعد ذلك تم حساب قيمة T (مدة السقوط) ثم حسبت كثافة المطر كما هي موضحة بالعمود(12) من جدول رقم (8-9) من المعادلة (8-2).

وتم حساب مساحة كل جزء للمنطقة التي تتعرض للأمطار وتصب بالطريق سواء من الطريق أو من الجبل عن طريق برنامج الاوتوكاد ، والعمود (٧) من جدول رقم (8-9) والذي يبين المساحات بالهكتار للجبل وللطريق ، وبعدها تم حساب كمية المطر حسب المعادلة (8-١)، والتي كانت كما هو مبين بالعمود(13) من جدول رقم (8-9).

بعد ذلك تم تحديد ارتفاع المناهل عن طريق المقطع الطولي للطريق بعد تصميمه وكانت ارتفاعات المناهل كما هي موضحة بالعمود (13) والعمود (14) من جدول رقم (8-9).

من العمود رقم (14) والعمود رقم (15) تم تحديد ميل الشارع من ارتفاع المناهل، وتم أخذ ميل الأنبوب المراد تصميمه لتصريف مياه المطر نفس ميل الشارع كما هو موضح بالعمود رقم (16) من جدول رقم (8-9)، وبعدها قمنا بحساب أقطار المواسير وسرعة الجريان لكل منهل وكمية تدفق الجريان لكل منهل ورسم بروفايلات خط تصريف مياه الأمطار عن طريق برنامج Sewer cad.

٨-١٢ حساب مقطع العبارات:

في هذا المشروع تم استخدام **عبارة واحدة عند محطة رقم** ٠+175m **التابع للمسار** ١٠١ لأنها **أخفض** نقطة تصريف مياه **أمطار للمناطق** المنخفضة عن سطح الطريق **والتي** كانت عمودية على الطريق وفي ما يلي حساب مقطع العبارة:

- A = 40.1 ha
- C = 0.15
- I = 107.211

$Q = C \times I \times A$

$Q = 0.15 \times 107.211 \times 40.1 = 644.874 \ L/s$

$A = Q/V$

$= ٦٤٤.٨٧٤ * 10^{-3} / 1$

$= ٦٤٤.٨٧٤ * 10^{-3} \ m^2$

إذا كانت العبارة التي سوف يتم تصميمها بشكل دائري يكون قطرها على النحو التالي في حالة كون **العبارة ممتلئة:**

$$A = \left(\frac{® * D^2}{4} \right)$$

$= 644.874 \times 10^{-3}$

Where:

D = 0.9 m.

لكن ٠.٩ m هو القطر الخارجي للعبارة يتم طرح ٠.٠٧٥ m من كل طرف ويصبح القطر الداخلي للعبارة المراد تصميمها ٠.٧٥ m ، وتم حساب أيضا العبارة عن طريق برنامج sewer cad كما هو مبين في الملحق رقم (٦).

الفصل التاسع

٩

النتائج والتوصيات

٩-١ النتائج.

٩-٢ التوصيات.

٩-٣ تقدير تكلفة المشروع.

الفصل التاسع

النتائج والتوصيات

٩-١ النتائج:

١. معظم الطرق الموجودة في فلسطين، وهي من أهم عناصر البنية التحتية بحاجة إلى إعادة تأهيل.

٢. اتضح لنا مدى أهمية الطريق موضع الدراسة كونه يصل مباشرة بين مدينة حلحول وبلدة خاراس.

٣. الافتقار إلى مرجعية وطنية فلسطينية معتمدة في تصميم الطرق.

٤. تم تجهيز كافة التصميمات الافقيية و الرأسية و كافة المعلومات اللازمة لتوقيعها.

٥. كانت سماكات الطبقات التي تم دراستها على النحو التالي :

الطبقة	السمك(سم)
طبقة الإسفلت	١٢
طبقة Base coarse	15
طبقة Sub grade	15

جدول (٩-١)سمك طبقات الرصف

٩-٢ التوصيات :

١. التأكيد على بلدية حلحول والمؤسسات ذات العلاقة بفتح الطريق وتصميمه بالسرعة الممكنة لما له من تأثير في إنعاش المنطقة.

٢. طرح مساق هندسة طرق (تصميم إنشائي) لطلبة المساحة والجيوماتكس.

٣. يجب مراعاة ما يلي أثناء تنفيذ المشروع:

- الحرص على أن يكون عملية الدحل و الدمك جيدتين وذلك لان المشروع يقوم على ارض فيها كمية الطمم مرتفعة .
- يجب رش المادة السائلة و المسماة بيتومين على الطبقة المدموكة أخيرا قبل أن توضع طبقة الإسفلت.

٩-٣ تقدير تكلفة المشروع :

الجدول التالي يبين البنود اللازمة لتنفيذ المشروع وتكلفة كل بند منها:

رقم البند	وصف البند	الوحدة	الكمية	سعر الوحدة (شيكل)		القيمة الاجمالية
				رقما	كتابة	
	القسم الأول: الأعمال الترابية					
١	حفريات طرق	م٣	21,082	28		590,306
٢	جسر الطريق (الردميات)	م٣	8,209	22		180,597
						770,903

رقم البند	وصف البند	الوحدة	الكمية	سعر الوحدة (شيكل)		القيمة الاجمالية
				رقما	كتابة	
	القسم الثاني: طبقات الرصف					
	طبقة الإسفلت سماكة					
٣	١٢ سم	طن	4,405.40	137		603,540
٤	طبقة Base coarse سماكة ١٥ سم	طن	4,645.00	27		125415
						٧٢٩

رقم البند	وصف البند	الوحدة	الكمية	سعر الوحدة (شيكل)		القيمة الاجمالية
				رقما	كتابة	
	القسم الثالث: الأعمال المتفرقة					
٥	العبارات	بالعدد	1	2,500		2,500
٦	إشارات المرور	بالعدد	2	696		1,392
٧	علامات المرور (المخططات كما هو محدد على)	م.ط	1,230	114		140,220
٨	المناهل	بالعدد	23	60		1380
٩	البردورات	م.ط	1,240	20		24800
						170,292

وصف القسم	إجمالي قيمة القسم (شيكل)	
	رقما	كتابة
الأعمال الترابية	770903	
طبقات الرصف	729٠٠٠	
الأعمال المتفرقة	170292	
القيمة الإجمالية	١٥١٦٩٣٢	

جدول (٩- ٢) تكلفة المشروع

الفصل الثالث عشر
(١٣)
تكلفة المشروع

١٣-١ مقدمة .

١٣-٢ تكلفة الرصفة .

١٣-٣ تكلفة الحفر والردم .

١٣-٤ الخلاصة.

الفصل الثالث عشر
تكلفة المشروع

١٣-١ مقدمة :

لابد من معرفة حجم التكاليف النهائية التقديرية للمشروع من اجل تقديم المشروع للجهة الممولة للمشروع . و في هذا الفصل سوف يتم حساب تكلفة كل طبقة من طبقات الرصفة على طول الطريق كما ويتم حساب الحفر والردم .

تكلفة الطريق :

يبلغ طول الطريق المقترح تصميمه في هذا المشروع حوالي ١٩٠٠م وكما هو موضح سابقا فإن الرصفة من ثلاث طبقات وهي :

١- الإسفلت بكثافة 2.٦٢ غم/سم^{٣}.
٢- البسكورس (الأساس) بكثافة ٢.٢٧ غم/سم^{٣}.
٣- طبقة ما تحت الأساس (sub base) بكثافة ١.٧١ غم/سم^{٣}.

١٣-٢ تكلفة الرصفة (Pavement):

تحسب مساحة المسارب المراد تعبيدها كما يلي :

مساحة المسارب = طول الطريق x عرض المسارب الأربعه

مساحة المسارب = ١٩٠٠× ١٣.٢٠ = ٢٥٠٨٠م^{٢}

بعد معرفة مساحة المسارب سوف يتم حساب حجم الإسفلت والبسكورس ، موضحاً كل طبقة على حدة كما يلي :

١-حجم الإسفلت = مساحة المسارب ×سمك طبقة الإسفلت .

= ٢٥٠٨٠ × 0.55 = 13794م٣.

و بالتالي سيكون وزن الإسفلت = حجم الإسفلت × كثافة الإسفلت .

= 13794× 2.62 = 36140.28طن .

٢-حجم البسكورس = مساحة المسارب ×سمك طبقة البسكورس .

= 25080×٠.٩٥ = 23826م٣.

وزن البسكورس = حجم البسكورس × كثافة البسكورس .

= ٢٣٨٢٦ × ٢.٢٧ = ٥٤٠٨٥.٠٢طن .

التكلفة :-

سعر واحد طن من البسكورس المشغول = $٩.٠ .

سعر واحد طن من الإسفلت المشغول = $٣٨.٠ .

تكلفة الإسفلت = وزن الإسفلت ×سعر الطن الواحد من الإسفلت .

= 36140.28 × ٣٨.٠ = $١,٣٧٣,٣٣٠.٦٤ .

تكلفة البسكورس = وزن البسكورس ×سعر الطن الواحد من البسكورس .

= ٥٤٠٨٥.٠٢× ٩ = $ ٤٨٦,٧٦٥.١٨ .

التكلفة الكلية للرصفة = تكلفة الإسفلت + تكلفة البسكورس.

= ١٣٧٣٣٣٠.٦٤ + ٤٨٦٧٦٥.١٨ = 1,860,095.82 $.

١٣-٣ تكلفة الحفر والردم :

تم حساب الحجم الكلي لكل من الحفر والردم ، وكانت النتائج كما يلي :

حجم الحفر الكلي = ١١٠٤.٩٣ م^{٣} .
حجم الردم الكلي =٥٧٦٥.٣٦ م^{٣} .

سعر المتر المكعب للحفر = ٥.٦$.
سعر المتر المكعب للردم = ٤.٦ $.

تكلفة الحفر = حجم الحفر ×سعر المتر المكعب للحفر .
= ١١١٠٤.٩٣*٥.٦ = ٦٢,١٨٧.٦٠٨ $.

تكلفة الردم = حجم الردم ×سعر المتر المكعب للردم .
= ١٥٧٦٥.٣٦ × ٤.٦ = ٧٢,٥٢٠.٦٥٦ $.

تكلفة الحفر والردم الكلية = تكلفة الحفر + تكلفة الردم .
= ٦٢,١٨٧.٦٠٨ + ٧٢,٥٢٠.٦٥٦= ١٣٤,٧٠٨.١٧٣ $.

جدول (13-1) كميات طبقات الرصفة المرنة

المادة	الكمية بالطن	تكلفة الطن الواحد ($)	التكلفة الكلية ($)
Asphalt	36140.28	38.0	١,٣٧٣,٣٣٠.٦٤
Base course	٥٤٠٨٥.٠٢	9.0	٤٨٦,٧٦٥.١٨
المجموع			1,860,095.82

جدول (13-2) كميات الحفر والردم

نوع العمل	الكمية بالمتر المكعب	تكلفة المتر المكعب ($)	التكلفة الكلية ($)
الحفر	١١١٠٤.٩٣	٥.٦	٦٢,١٨٧.٦٠٨
الردم	١٥٧٦٥.٣٦	٤.٦	٧٢,٥٢٠.٦٥٦
المجموع			١٣٤,٧٠٨.١٧٣

١٣-٥ الخلاصة :

تكلفة طبقات الرصفة المرنة (الأساس والإسفلت) = 1,860,095.82 $.

تكلفة الحفر والردم (حساب كميات الحفر والردم من الفصل السابع) = ١٣٤,٧٠٨.١٧٣ $.

تكلفة الأعمدة = عدد الأعمدة *سعر العمود ليكن سعر العمود = 400 $

= 44* 400 = ١٧٦٠٠$

تكلفة البردورات = (٤ *طول الشارع) * سعر المتر الطولي ليكن سعر المتر الطولي = ٥$

= (٤ * ١٩٠٠) * ٥ = ٣٨٠٠٠ $

تكلفة بلاط الرصيف = المساحة المراد تبليطها من الرصيف *سعر المتر المربع.

ليكن سعر المتر المربع = ٨ $

=(١٩٠٠ * ٠.٩٠ *٢)*٨= ٢٧٣٦٠ $

تكلفة المناهل = عددها * سعر المنهل ليكن سعر المنهل = ١٥$

= ٤٦ * ١٥$ = ٦٩٠ $

التكلفة الكلية للمشروع = 1,860,095.82+

١٣٤,٧٠٨.١٧٣+١٧٦٠٠.٠٠+٣٨٠٠٠.00+٢٧٣٦٠.٠٠+٦٩٠.00 = ٢,٠٧٨,٤٥٣.٩٩٣ $

* تم اخذ الأسعار من الأسواق المحلية.

المراجع

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

٢. محمود توفيق سالم، هندسة الطرق، ١٩٨٥.

٣. يوسف صيام، عبد الله القرني ،سعد القاضي ، تغطية مساحية للطرق، دار مجدلاوي للنشر ، عمان ، الأردن ، ١٩٩٩.

٤. يوسف صيام، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان،١٩٧٨ .

5- Paul R. Wolf, Adjustment Computations Statistics and Least Squares in Surveying and GIS, John Wiley & Sons, Inc., Canada, 1997.

٥. الدكتور المهندس سامي أحمد حجاوي، فحوصات التربة للأغراض الإنشائية ، الطبعة الأولى، ٢٠٠٣ .

٦. داودشحادة خلف ، مبادئ الهندسة الصحية (مياه ومجاري) ، عمان ، الأردن ، ١٩٨٢.

٧. عامرسعدة ، عمر السعدة ، محمد مشعل ، المتطلبات المساحية اللازمة لتصميم طريق حلحول – بيت أولا

الملاحق

- ملحق (١) تصحيح المضلع بواسطة برنامج Microsoft Office Excel.
- ملحق (2) تصحيح المضلع بواسطة برنامج Autodesk Land Desktop.
- ملحق (3) بيانات القطط المرصودة.
- ملحق (٤) أشكال علامات وإشارات المرور.
- ملحق (٥) حساب طبقة الرصفة بواسطة برنامج Asphalt institute.
- ملحق (٦) مخططات الطريق. وتصريف الامطار .

ملحق رقم (١)

تصحيح المضلع بواسطة برنامج

Microsoft Office Excel

ملحق رقم (٢)

تصحيح المضلع بواسطة برنامج

.Autodesk Land Desktop

ملحق رقم (٣)

بيانات النقاط المرصودة

ملحق رقم (٤)

أشكال علامات وإشارات المرور

ملحق رقم (٥)

حساب طبقة الرصفة بواسطة برنامج

Asphalt institute

فهرس الأشكال

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
١-١	موقع المشروع	٥
1-2	مقطع عرضي لطريق من حارتين	16
٢-2	الميول الطولية للطريق	١٨
3-2	أنواع الأطاريف الخاصة بالطرق	٢٠
4-2	مسافة الرؤية للتوقف الآمن	٢٢
5-2	الطريق البديل الأول	٢٥
6-2	الطريق البديل الثاني	٢٦
١-٣	رسم توضيحي للمضلع	٣١
٢-٣	رسم توضيحي لتصحيح المسافات	٣٦
١-٤	انواع المنحيات الدائرية	٤٥
٢-٤	المنحنيات المتدرجة	٤٧
٣-٤	اشكال المنحنيات الحلزونيه	٤٨
٤-٤	عناصر المنحنى الدائري البسيط	٤٩
٥-٤	الاوتار وزوايا الانحراف الجزئية في المنحنى الدائري البسيط	٥٠
٦-٤	درجة الانحناء	٥٢
٧-٤	تأثير القوة الطارده المركزية على المركبات	٥٢
٨-٤	عملية التعلية على المنحنيات	٥٣
٩-٤	كيفية الرفع الجانبي للطريق حول المحور	٥٥
١٠-٤	التغير التدريجي في الميل العرضي لمقاومة تأثير القوة الطارده المركزية	٥٦
١١-٤	عناصر المنحنى الرأسي	٥٩
١٢-٤	فرق الميل او زاوية الميل	٦١
١-٥	انواع المركبات والاحمال الواقعة على محاورها	٩٢
٢-٥	طبقات الرصف المرنة	٩٧
٣-٥	تحديد سمك الطبقات	١٠٣

٤-٥ قطاع تفصيلي لطبقات رصف الطريق..... ١٠٤

١-٦ العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة..... ١١٥

٢-٦ كيفية تصحيح منحنى الغرز..... ١١٩

٣-٦ العلاقة بين مقدار الغرز والاجهاد لعينة Sub grade..... ١٢١

٤-٦ العلاقة بين الكثافة الجافة وCBR لعينة Sub grade..... ١٢٣

٥-٦ العلاقة بين مقدار الغرز والاجهاد لعينة Base coarse..... ١٢٦

٦-٦ العلاقة بين الكثافة الجافة وCBR لعينة Base coarse..... ١٢٧

٧-٦ التدرج الحبيبي..... ١٣٢

٨-٦ المحتوى المائي..... ١٣٤

٩-٦ حد السيولة..... ١٣٥

١-٧ مقطع عرضي في منطقة حفر وردم..... ١٤١

٢-٧ مقطع عرضي من ثلاث قطاعات..... ١٤٣

٣-٧ مقطع عرضي من خمس قطاعات..... ١٤٤

٤-٧ حساب المساحة بطريقة الإحداثيات..... ١٤٥

٥-٧ حساب المساحة بطريقة تخطيطية..... ١٤٧

٦-٧ مقطعان في منطقة ردم..... ١٤٨

٧-٧ مقطع ردم ومقطع حفر..... ١٤٩

٨-٧ مقطعان مختلطان..... ١٥٠

٩-٧ مقطعان أحدهما مختلط والآخر إما حفر أو ردم..... ١٥١

١٠-٧ مقدار الميول الجانبية..... ١٥٣

١١-٧ مثال لمنحنى الحجوم..... ١٥٤

١٢-٧ مثال لإيجاد كمية الحفر والردم لمقطعين متتاليين..... ١٥٦

١٣-٧ مثال لمقطعين أحدهما مختلط والآخر ردم..... ١٥٨

١-٨ خارطة فلسطين الطموغرافية..... ١٦٥

٢-٨ فتحات رأسية للبالوعات..... ١٧٦

٣-٨ فتحات افقية للبالوعات..... ١٧٦

٤-٨ أشكال ومقاطع العبارات..... ١٧٨

٥-٨ كثافة المطر..... ١٨٢

فهرس الجداول

الرقم	اسم الشكل	رقم الصفحة
١-١	الجدول الزمني	9
1-2	حدود حرم الطريق	17
2-2	الميول الجانبية للطرق حسب نوع التربة	19
3-2	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	21
4-2	العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك	22
5-2	أقل قيمة لنصف القطر لتعلية مقدارها 6% وحسب السرعة التصميمية	23
1-3	القراءات التي رصدت بالميدان	31
2-3	معدل القراءات المرصودة	32
٣-٣	إحداثيات المحطات المأخوذة من GPS	32
4-3	معدل المسافات بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة	34
5-3	إحداثيات المحطة 0 بعد التصحيح	39
6-3	إحداثيات المحطة 0 عن طريق برنامج Autodesk	40
7-3	مطالبات الفقة لاعمال المضلعات	41
١-٤	حساب البعد الافقي (x)بين اعلى نقطة وبين نقطة التماس الاولى	٦٢
٢-٤	الميول الرأسية الاعظمى حسب طبوغرافية الارض والسرعة التصميمية	63
٣-٤	اطوال الاقواس والاوتار الجزئية ومقادير زوايا الانحراف	٧١
١-٥	سعة الطريق حسب مواصفات AASHTO	90
٢-٥	الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات AASHTO	92
٣-٥	نسبة المركبات في المسرب الواحد	٩٩
٤-٥	معدلات النمو	100
٥-٥	Truck factor	102
١-٦	تحديد نسبة الرطوبة	١١٣
٢-٦	حساب الكثافة الجافة	١١٤
٣-٦	قيمة الحمل المسبب لاختراق العينة القياسية	١١٨

٤-٦	الحمل المسبب لغرز طبقة Sub grade	١٢٠
٥-٦	نتائج CBR لعينة Sub grade	١٢٢
٦-٦	الحمل المسبب لغرز طبقة Base coarse	١٢٥
٧-٦	نتائج CBR لعينة Base coarse	١٢٦
٨-٦	التدرج الحبيبي	130
٩-٦	حد السيولة	134
١٠-٦	حد اللدونة	136
١١-٦	تصنيف التربة حسب AASHTO	138
١-٧	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	١٤٥
٢-٧	مقاطع الحفر والردم عن طريق Auto desk	160
١-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2000-2001)	166
٢-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2001-2002)	167
٣-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2002-2003)	168
٤-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2003-2004)	169
٥-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2004-2005)	170
٦-٨	Total Monthly Rainfall for Hebron Station (2005-2006)	171
٧-٨	المسافة بين البالوعات على أساس الميل	177
٨-٨	معامل الجريان للأسقف المختلفة	179
٩-٨	Qmax	180
١٠-٨	مدة كثافة المطر لمنطقة الخليل	182
١-٩	تقدير تكلفة المشروع	188

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الغلاف	I
	العنوان	II
	شهادة تقييم المشروع	III
	الإهداء	IV
	الشكر والتقدير	V
	ملخص المشروع باللغة العربية	VI
	ملخص المشروع باللغة الانجليزية	VII
	فهرس المحتويات	VIII
	فهرس **الاشكال**	XV
	فهرس الجداول	XVII

الفصل الأول: المقدمة

١-١	**مقدمة عامة**	٢
١-١-١	مدينة **خارطوم**	٢
١-١-٢	**بلدة خارطوم**	٢
١-٢	**نبذة عن المشروع**	٣
١-٣	أهمية المشروع	٣
1-4	أهداف المشروع	٤
1-5	**موقع المشروع**	٥
1-6	طريقة العمل	٦,٧
1-7	الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة	٨
1-8	**العوائق والصعوبات**	٨
1-9	**الجدول الزمني**	٩
١-١٠	هيكلية البحث	١٠
١-١١	**الدراسات السابقة**	١١
١-١٢	**النتائج المتوقعة**	١١

الفصل الثاني: التصميم الابتدائي

1-2	مقدمة	١٣
2-2	تصنيف الطرق	١٣
٢-٢-١	الطرق الرئيسية والثانوية والقروية والزراعية والصناعية والسياحية	١٣
٢-٢-٢	تصنيف الطرق حسب عدد المسارب	١٤
٢-٢-٣	طرق الدرجة الأولى والثانية والثالثة	١٤
٢-٢-٤	الطرق السريعة	١٥
٢-٣	اعتبارات أساسية تحكم عملية التصميم	١٥
٢-٤	أسس التصميم الهندسي	١٥
٢-٤-١	حجم المرور	١٥
٢-٤-٢	تركيب المرور	١٥
٢-٤-٣	السرعة التصميمية	١٦
٢-٤-٤	عربات التصميم	١٦
٢-٤-٥	قطاع الطريق	١٦
٢-٤-٦	عرض الحارة	١٧
٢-٤-٧	عرض حرم الطريق	١٧
٢-٤-٨	الميول العرضية	١٨
٢-٤-٩	الميول الطولية	١٨
٢-٤-١٠	الميول الجانبية	١٨
٢-٤-١١	الأكتاف	١٩
٢-٤-١١-١	ملحقات الكف	١٩
٢-٤-١٢	الأرصفة	٢٠
٢-٥	مواصفات ومحددات التصميم	٢١
٢-٥-١	مسافة الرؤية	٢١
٢-٥-٢	مسافة الرؤية للتوقف	٢١
٢-٥-٣	مسافة الرؤية للتجاوز	٢٢
٢-٦	التصميم الابتدائي لطريق وادي الظل	٢٣
2-7	عمل الطرق البديلة	٢٤

الفصل الثالث: الأعمال المساحية

٣-١	مقدمة	٢٩
٣-٢	القيام بالأعمال المساحية	٢٩
٣-٢-١	دراسة الخرائط	٣٠
٣-٢-٢	المساحة الاستطلاعية	٣٠
٣-٢-٣	البدء بالأعمال المساحية	٣٠
٣-٣	على المضلع	٣١
٣-٣-١	القراءات	٣١
٣-٣-٢	حساب إحداثيات المحطات قبل التصحيح	٣٢
٣-٣-٣	تصحيح الأخطاء للمضلع	٣٤
٣-٣-٣-١	الأخطاء في المسافات	٣٤
٣-٣-٣-٢	الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز	٣٥
٣-٣-٣-٣	أخطاء التوجيه	٣٥
٣-٣-٣-٤	الأخطاء في قياس الزوايا	٣٥
٣-٣-٣-٥	الأخطاء في الإحداثيات	٣٦
٣-٤	تصحيح إحداثيات المضلع	٣٦
٣-٥	مطلبات الدقة لاعمال المضلعات	٤١

الفصل الرابع : التصميم النهائي

٤-١	مقدمة	٤٣
٤-٢	التخطي الأفقي للطريق	٤٣
٤-٢-١	أنواع المنحنيات الأفقية	٤٤
٤-٢-١-١	المنحنيات الدائرية	٤٤
٤-٢-١-٢	المنحنيات الانتقالية	٤٦
٤-٢-١-٣	المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية	٤٦
٤-٢-٢	تصميم المنحنيات الأفقية	٤٨
٤-٢-٢-١	عناصر المنحنى الدائري البسيط	٤٨
٤-٢-٢-٢	معادلات المنحنى الدائري الأفقي	٥٠
٤-٢-٢-٣	درجة الانحناء	٥١
٤-٢-٢-٤	القوة الطاردة المركزية	٥٢
٤-٢-٢-٥	الرفع الجانبي للطريق	٥٣
٤-٢-٢-٦	الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق	٥٥
٤-٢-٣	ملاحظات عامة عن التخطيط الأفقي	٥٧
٤-٣	التخطيط الرأسي للطريق	٥٨
٤-٣-١	أنواع المنحنيات الرأسية	٥٨
٤-٣-٢	عناصر المنحنى الرأسي	٥٩
٤-٣-٣	العناصر الأساسية لتصميم المنحنى الرأسي	٦٠
٤-٣-٤	إشارة الميل وزاوية التدرج	٦١
٤-٣-٥	الميول الرأسية في الطرق	٦٢
٤-٣-٦	ملاحظات عامة عن التخطيط الرأسي	٦٤
٤-٣-٧	اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي	٦٥
٤-٤	الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي للطريق	٦٦
٤-٥	مثال لحساب عناصر المنحنى الأفقي	٦٨
٤-٦	مثال لحساب عناصر المنحنى الرأسي	٧٧

الفصل الخامس : حجم المرور وعلامات وإشارات المرور

٥-١ حجم المرور ٨٧
٥-١-١ مقدمة ٨٧
٥-١-٢ الهدف من دراسة أحجام المرور ٨٧
٥-١-٣ مفاهيم أساسية ٨٨
٥-١-٤ عربات التصميم ٩١
٥-١-٥ تعداد المركبات ٩٣
٥-١-٥-١ فترات التعداد ٩٣
٥-١-٥-٢ أنواع التعداد على الطريق ٩٣
٥-١-٥-٣ طرق حصر المرور ٩٤
٥-٢ إيجاد سماكات طبقات الرصف ٩٧
٥-٢-١ حساب سمك الطبقات ٩٨
٥-٣ علامات وإشارات المرور ١٠٥
٥-٣-١ مقدمة ١٠٥
٥-٤ علامات المرور ١٠٥
٥-٤-١ أهمية علامات المرور ١٠٥
٥-٤-٢ الشروط الواجب توفرها في علامات المرور ١٠٦
٥-٤-٣ أنواع علامات المرور ١٠٦
٥-٥ إشارات المرور ١٠٧
٥-٥-١ مواصفات إشارات المرور ١٠٧
٥-٥-٢ الرؤية في الليل ١٠٨
٥-٥-٣ أنواع الإشارات ١٠٨

الفصل السادس: التصميم الإنشائي

٦-١	مقدمة	١١٠
٦-٢	الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة	١١٠
٦-٢-١	تجربة بروكتور	١١٠
٦-٢-١-١	مقدمة	١١٠
٦-٢-١-٢	الهدف	١١١
٦-٢-١-٣	تجربة بروكتور القياسية	١١١
٦-٢-١-٤	الأدوات المستخدمة	١١١
٦-٢-١-٥	خطوات العمل	١١٢
٦-٢-١-٦	الحسابات	١١٣
٦-٢-١-٧	النتائج	١١٥
٦-٢-٢	تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا	١١٦
٦-٢-٢-١	مقدمة	١١٦
٦-٢-٢-٢	الهدف	١١٦
٦-٢-٢-٣	الأدوات المستخدمة	١١٦
٦-٢-٢-٤	طريقة العمل	١١٧
٦-٢-٢-٥	الحسابات	١١٨
٦-٢-٢-٥-١	إيجاد CBR لطبقة Sub grade	١٢٠
٦-٢-٢-٥-٢	إيجاد CBR لطبقة Base coarse	١٢٤
٦-٢-٣	تجربة التدرج الحبيبي	١٢٨
٦-٢-3-١	مقدمة	١٢٨
٦-٢-٣-٢	الهدف	١٢٨
٦-٢-٣-٣	الأدوات المستخدمة	١٢٨
٦-٢-٣-٤	طريقة العمل	١٢٩
٦-٢-٣-٥	القراءات والحسابات	١٣٠
٦-٢-٤	قوام التربة	١٣٣
٦-٢-٤-١	حد السيولة	١٣٤
٦-٢-٤-٢	حد اللدونة	١٣٦

الفصل السابع : كميات الحفر والردم

٧-١ مقدمة ١٤٠
٧-٢ حساب مساحات المقاطع العرضية ١٤٠
٧-3 حساب الحجوم ١٤٧
٧-٤ الطرق الشائعة في حساب الحجوم ١٤٨
٧-٥ طريقة العمل ١٥٣
٧-٦ التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجوم) ١٥٤
٧-٧ خواص منحنى الحجوم ١٥٥

الفصل الثامن : تصريف مياه الأمطار

٨-١ المناخ ١٦٤
٨-٢ جغرافية المنطقة ١٦٤
٨-3 المطر ١٦٤
٨-٤ الرياح ١٧٢
٨-٥ الرطوبة النسبية ١٧٢
٨-٦ اختيار أنواع شبكات الصرف ١٧٢
٨-٧ المعايير التصميمية لشبكات تصريف مياه الأمطار ١٧٢
٨-٨ المسح المائي ١٧٤
٨-٩ البالوعات ١٧٥
٨-١٠ العبارات ١٧٧
٨-١١ التصريفات الناتجة من الأمطار وتصميم شبكاتها ١٧٨
٨-١٢ حساب مقطع العبارات ١٨٥

الفصل التاسع : النتائج والتوصيات

٩-١ النتائج ١٨٨
٩-٢ التوصيات ١٨٩
٩-3 تقدير تكلفة المشروع ١٩٠
الملاحق ١٩٢

point #	Horizontal Angle	Horizontal Distance	Vertical Angle	Prism	Discribtion
الوقوف على S.T 1 والتصفير على S.T 2					
ارتفاع الجهاز = ١.٦٣ متر					
1	130 45 51	354.297	91 26 29	1.62	سلسل
2	130 36 01	344.209	91 35 10	2.3	سلسل
3	131 07 02	345.655	91 34 36	1.62	اسفلت
4	131 27 45	348.89	91 29 35	2	اسفلت
5	128 58 56	362.757	91 11 22	1.62	سلسل
6	128 15 12	355.703	91 14 55	1.62	عمود كهرباء
7	128 10 47	354.836	91 23 51	1.62	سلسل
8	127 34 11	370.583	90 58 26	1.62	سلسل
9	126 26 41	379.852	90 41 01	1.62	سلسل
10	124 56 47	378.067	90 33 53	1.62	زاوية صور
11	125 56 55	374.605	90 47 15	1.62	اسفلت
12	126 18 49	376.318	90 47 22	1.62	اسفلت
13	125 18 49	373.898	90 45 56	1.62	زاوية صور
14	126 25 59	364.123	91 03 53	1.62	زاوية صور
15	126 26 32	362.78	91 03 53	1.62	زاوية صور
16	127 29 14	363.655	91 05 28	1.62	اسفلت
17	127 46 15	366.009	91 05 27	1.62	اسفلت
18	127 07 17	358.539	91 09 59	1.62	CL
19	127 55 20	353.898	91 15 15	1.62	سلسل
20	128 11 19	351.645	91 31 50	2.5	ارض
21	128 45 07	348.383	91 36 38	2.67	ارض
22	126 53 29	348.383	91 45 50	1.62	ارض
23	127 17 57	341.437	91 51 28	1.62	ارض
24	126 31 51	346.086	91 21 26	1.62	سلسل
25	126 00 01	350.42	91 17 08	1.62	CL
26	125 30 50	356.186	91 13 46	1.62	مدخل فرعي
27	125 19 00	354.899	91 16 43	1.62	مدخل فرعي
28	126 14 49	363.984	90 58 58	1.62	ارض
29	126 01 43	365.795	90 57 18	1.62	ارض
30	125 12 24	358.629	90 34 32	1.62	زاوية بناء
31	125 09 58	355.912	90 36 44	1.62	زاوية بناء
32	123 43 53	347.498	90 44 45	1.62	زاوية بناء
33	123 15 44	346.821	90 47 53	1.62	زاوية بناء
34	122 03 25	346.365	90 41 23	1.62	زاوية بناء
35	122 07 47	356.124	91 34 32	1.62	زاوية بناء
36	122 21 44	339.954	91 20 00	1.62	زاوية صور

37	122 02 17	339.527	91 04 03	1.62	زاوية صور
38	125 19 48	341.683	91 24 07	1.62	عمود تلفون
39	124 08 22	341.257	91 22 41	1.62	صور
40	125 16 29	347.499	91 29 57	1.62	سلسل
41	124 42 39	343.259	91 24 52	1.62	CL
42	125 38 46	336.935	91 51 01	1.62	أرض
43	126 17 00	333.414	91.57 57	1.62	أرض
44	125 11 04	323.276	92 05 16	1.62	أرض
45	124 37 46	325.921	92 00 13	1.62	أرض
46	124 13 56	327.417	91 45 29	1.62	سلسل
47	123 30 30	331.861	91 38 59	1.62	CL
48	122 32 51	338.036	91 41 26	1.62	زاوية صور
49	121 53 41	335.87	91 31 17	1.62	زاوية صور
50	120 52 40	330.73	91 32 53	1.62	زاوية صور
51	122 17 01	321.012	91 51 48	1.62	CL
52	123 13 39	317.567	91 55 33	1.62	سلسل
53	123 29 51	316.449	92 07 23	1.62	أرض
54	124 01 05	313.555	92 16 31	1.62	أرض
55	123 50 55	302.381	92 37 28	1.8	صور أرض
56	123 12 25	303.575	92 31 17	1.9	أرض
57	122 31 54	304.858	92 15 59	1.62	مدخل
58	122 13 10	300.313	92 20 23	1.62	مدخل
59	121 20 56	307.788	92 09 51	1.62	CL
60	120 24 24	310.169	92 06 57	1.62	طرف‌شارع
61	119 39 42	312.811	92 07 50	1.62	أرض
62	119 10 11	315.692	92 01 12	1.62	أرض
63	119 51 59	320.768	91 58 36	1.62	أرض
64	118 30 50	313.252	91 30 15	1.62	صور مبنى
65	116 48 08	309.063	91 33 17	1.62	صور مبنى
66	117 14 12	302.343	92 03 23	1.62	أرض
67	118 18 03	302.343	92 17 07	1.62	أرض
68	118 58 51	299.009	92 08 32	2.66	أرض
69	119 20 35	296.948	92 29 53	1.62	سلسل
70	119 21 04	295.721	92 32 24	1.62	أرض
71	119 55 04	287.713	92 33 21	1.62	CL
72	121 23 01	287.025	92 41 44	1.62	سلسل
73	121 43 55	287.024	93 11 23	1.62	أرض
74	122 37 59	272.981	93 53 40	1.62	أرض
75	121 17 42	275.702	93 43 18	1.62	أرض
76	120 34 39	262.014	93 43 19	1.62	أرض
77	119 18 47	265.455	94 14 15	1.62	أرض

78	118 41 10	277.335	94 04 10	1.62	أرض
79	119 57 17	283.698	93 00 00	1.62	سلسل
80	118 24 29	286.208	92 52 45	1.62	CL
81	117 47 38	287.596	92 39 23	1.62	سلسل
82	117 29 38	299.542	92 31 25	1.62	أرض
83	116 53 33	285.292	92 31 24	1.62	أرض
84	115 22 14	281.903	92 37 27	1.62	أرض
85	115 50 36	276.923	93 39 17	1.62	سلسل
86	116 09 16	274.214	93 08 53	1.62	CL
87	116 46 15	274.214	93 15 10	1.62	سلسل
88	118 12 16	267.741	93 19 06	1.62	سلسل + مدخل أرض
89	13 54 07	248.974	94 17 12	1.62	سلسل + مدخل أرض
90	113 10 01	245.831	94 26 48	1.62	أرض
91	113 10 01	246.951	94 53 04	1.62	أرض
92	114 17 57	242.732	95 13 16	1.62	CL
93	114 57 01	253.679	94 11 43	1.62	سلسل
94	112 18 30	256.568	94 07 30	1.62	سلسل
95	111 58 47	258.002	93 42 14	1.62	ارض
96	111 30 12	260.939	93 24 22	1.62	ارض
97	111 14 55	252.824	94 08 31	1.62	سلسل + مدخل أرض
98	111 47 16	255.362	94 08 11	1.62	سلسل + مدخل أرض
99	18 56 55	243.658	94 40 39	1.62	سلسل
100	108 37 17	245.363	94 31 13	1.62	ارض
101	108 03 41	249.592	94 00 05	1.62	ارض
102	109 36 25	240.613	94 53 42	1.62	CL
103	110 26 52	236.034	94 57 14	1.62	سلسل
104	110 48 22	234.606	95 20 25	1.62	ارض
105	111 26 38	231.222	95 54 37	1.62	ارض
106	105 13 39	209.707	97 33 38	1.62	ارض
107	104 25 06	214.307	96 57 41	1.62	ارض
108	104 07 15	215.897	96 25 45	1.62	سلسل
109	103 20 43	220.859	96 11 51	1.62	CL
110	102 31 22	226.58	95 50 32	1.62	سلسل
111	102 19 48	228.095	95 31 41	1.62	ارض
112	101 33 45	232.814	95 07 28	1.62	ارض
113	96 24 42	221.94	95 59 03	1.62	ارض
114	96 49 41	217.318	96 15 41	1.62	ارض
115	97 17 34	213.637	97 00 22	1.62	سلسل
116	98 03 41	208.768	97 13 41	1.62	CL

117	98 44 03	203.953	97 24 19	1.62	سلسل
118	99 09 54	201.423	98 17 16	1.62	ارض
119	99 47 22	196.607	98 35 53	1.62	ارض
120	91 41 07	180.379	100 27 18	1.62	ارض
121	90 58 11	184.4	99 52 29	1.62	ارض
122	90 35 12	186.866	99 35 12	1.62	سلسل + مدخل أرض
123	89 23 13	184.487	99 25 08	1.62	سلسل + مدخل أرض
124	89 47 51	192.552	98 46 25	1.62	CL
125	89 00 08	196.932	98 31 40	1.62	سلسل
126	88 39 34	199.836	97 49 06	1.62	ارض
127	88 17 54	205.382	97 28 31	1.62	ارض
128	83 11 46	197.044	98 14 49	1.62	ارض
129	83 38 24	192.25	98 35 56	1.62	ارض
130	83 50 45	188.478	99 25 06	1.62	سلسل
131	84 34 37	183.714	99 43 49	1.62	CL
132	85 11 11	178.853	100 03 57	1.62	سلسل
133	85 27 57	177.194	100 53 40	1.62	ارض
134	86 11 50	171.14	101 39 12	1.62	ارض
135	80 50 55	161.859	102 53 28	1.62	ارض
136	80 00 24	169.348	101 46 04	1.62	ارض
137	79 59 18	172.801	100 51 16	1.62	سلسل
138	79 38 47	178.003	100 33 15	1.62	CL
139	79 14 38	183.348	100 05 15	1.62	مدخل +سلسل
140	79 48 23	183.988	99 56 21	1.62	مدخل +سلسل
141	79 01 48	185.594	99 30 25	1.62	ارض
142	78 49 46	189.546	98 56 16	1.62	ارض
143	73 2 19	186.839	99 36 07	1.62	ارض
144	73 33 16	182.935	100 00 19	1.62	ارض
145	73 46 56	179.869	100 59 06	1.62	سلسل
146	73 49 19	174.241	101 25 27	1.62	CL
147	73 58 34	167.424	101 52 59	1.62	سلسل
148	73 59 34	165.421	102 47 15	1.62	ارض
149	73 45 38	159.043	103 21 57	1.62	ارض
150	70 11 23	161.726	103 20 52	1.62	ارض
151	70 22 45	165.354	102 51 08	1.62	ارض
152	70 25 05	166.972	102 07 06	1.62	سلسل
153	70 37 19	173.799	101 41 36	1.62	CL
154	70 43 01	179.225	101 14 29	1.62	سلسل
155	70 42 32	182.711	100 18 45	1.62	ارض
156	70 38 53	187.252	99 38 33	1.62	ارض

157	68 50 21	188.288	99 50 21	1.62	ارض
158	68 24 32	183.619	100 22 03	1.62	ارض
159	68 11 18	179.303	101 19 39	1.62	سلسل
160	68 18 39	178.184	101 28 06	1.62	CL
161	67 51 29	173.182	102 00 30	1.62	سلسل
162	67 45 29	167.662	102 20 44	1.62	ارض
163	67 37 36	165.825	102 57 42	1.62	ارض
164	67 15 57	161.827	103 45 33	1.62	ارض
165	64 52 26	162.823	103 40 45	1.62	ارض
166	65 13 47	166.546	103 02 38	1.62	مدخل +سلسل
167	65 21 50	168.395	103 02 38	1.62	CL
168	65 55 12	174.474	102 04 00	1.62	سلسل
169	66 14 05	180.198	101 36 18	1.62	سلسل
170	66 26 33	182.552	100 49 20	1.62	أرض
171	66 41 08	186.761	100 02 31	1.62	ارض
172	65 20 20	188.423	100 07 27	1.62	ارض
173	64 43 43	183.841	100 48 48	1.62	ارض
174	64 33 26	181.614	101 39 26	1.62	سلسل
175	63 57 23	176.588	102 06 25	1.62	CL
176	63 16 27	170.266	102 32 54	1.62	سلسل
177	64 18 11	168.948	102 43 06	1.62	سلسل + مدخل أرض
178	63 04 45	168.648	103 18 44	1.62	ارض
179	62 48 38	165.821	104 00 23	1.62	ارض
180	59 29 41	167.73	103 56 03	1.62	ارض
181	60 14 09	171.276	103 27 33	1.62	ارض
182	60 40 14	173.638	102 33 08	1.62	سلسل
183	61 33 49	179.72	102 05 37	1.62	CL
184	62 10 10	184.201	101 44 13	1.62	سلسل
185	62 24 30	186.062	101 00 57	1.62	ارض
186	62 50 31	189.063	100 18 02	1.62	ارض
187	60 44 31	196.517	99 50 17	1.62	ارض
188	59 57 20	191.156	100 45 45	1.62	ارض
189	59 44 11	188.373	101 40 44	1.62	سلسل
190	58 52 21	183.859	102 01 24	1.62	CL
191	57 49 02	178.422	102 29 57	1.62	سلسل + مدخل أرض
192	57 15 03	176.006	102 57 20	1.62	ارض + طريق
193	56 23 19	172.083	103 38 31	1.62	ارض + طريق
194	54 34 22	176.165	103 29 32	1.62	ارض + طريق
195	55 25 32	180.419	102 47 36	1.62	ارض + طريق
196	55 47 10	182.395	102 26 56	1.62	مدخل +سلسل

197	56 54 25	187.868	101 55 44	1.62	CL
198	57 44 31	192.19	101 37 45	1.62	سلسل
199	58 03 45	194.458	100 42 27	1.62	ارض
200	58 33 11	197.953	99 58 53	1.62	ارض
الوقوف على S.T 1 والتصفير على S.T 2					
ارتفاع الجهاز = ١.٦٥ متر					
201	52 55 31	201.882	101 22 26	1.62	سلسل
202	53 16 08	203.656	100 42 46	1.62	ارض
203	53 56 58	207.036	100 00 54	1.62	ارض
204	52 22 50	199.025	101 35 55	1.62	CL
205	50 54 38	192.839	102 13 15	1.62	سلسل
206	50 27 51	190.564	103 05 51	1.62	ارض
207	49 49 34	187.25	103 23 49	1.62	ارض
208	44 27 07	197.954	103 08 51	1.62	ارض
209	45 34 15	202.324	102 42 08	1.62	ارض
210	46 24 42	206.121	101 32 15	1.62	سلسل
211	47 41 23	211.497	101 18 00	1.62	CL
212	48 21 59	214.297	101 05 44	1.62	سلسل
213	48 45 39	216.196	100 28 25	1.62	ارض
214	49 22 20	218.644	99 55 40	1.62	ارض
215	46 17 56	231.188	99 33 30	1.62	ارض
216	45 32 14	227.982	100 08 51	1.62	ارض
217	45 07 02	225.499	100 44 42	1.62	سلسل
218	44 28 41	222.531	101 00 31	1.62	CL
219	42 52 38	217.47	101 19 00	1.62	سلسل
220	43 13 56	215.954	101 46 24	1.62	سلسل + مدخل أرض
221	45 12 08	209.775	101 30 32	1.62	مدخل
222	42 33 56	216.148	102 03 39	1.62	ارض
223	41 38 17	212.297	102 37 32	1.62	ارض
224	37 54 14	227.773	101 47 04	3.57	ارض
225	38 38 24	230.013	101 57 07	1.62	ارض
226	39 25 37	232.231	100 54 26	1.62	سلسل
227	40 47 06	236.475	100 39 32	1.62	CL
228	41 42 52	239.974	100 21 07	1.62	سلسل
229	42 08 13	241.452	99 41 48	1.62	ارض
230	42 50 43	243.714	99 27 47	1.62	ارض
231	43 49 08	230.353	100 38 43	1.62	بداية مدخل فرعي
232	42 52 31	234.579	100 27 33	1.62	نهاية مدخل فرعي
233	39 38 56	261.385	98 42 26	1.62	ارض
234	38 59 11	258.844	99 13 06	1.62	ارض
235	38 23 20	256.049	100 04 39	1.62	سلسل

236	37 27 53	252.669	100 17 58	1.62	CL
237	36 20 47	248.222	100 28 10	1.62	سلسل
238	36 01 05	246.818	101 04 07	2.35	ارض
239	31 56 27	258.441	101 02 48	3.5	ارض
240	32 54 19	261.753	100 40 17	1.62	ارض
241	33 23 33	263.441	100 13 41	1.62	سلسل + طريق
242	32 24 57	269.765	100 06 37	1.62	نهاية طريق
243	34 39 14	267.48	100 02 10	1.62	CL
244	35 25 27	270.369	99 50 35	1.62	سلسل
245	35 50 39	272.005	99 03 58	1.62	ارض
246	36 29 20	273.987	98 54 08	1.62	ارض
247	34 27 45	290.112	98 28 55	1.62	ارض
248	33 48 51	287.451	98 41 02	1.62	ارض
249	33 14 31	284.848	99 37 33	1.62	سلسل
250	32 16 57	281.039	99 50 45	1.62	CL
251	31 12 05	276.911	99 58 56	1.62	سلسل
252	30 41 10	275.024	100 46 25	1.62	ارض
253	30 05 48	273.16	100 55 23	1.62	ارض
254	27 03 20	240.456	100 48 22	1.62	ارض
255	27 43 12	292.557	100 39 15	1.62	ارض
256	28 17 38	294.932	99 47 48	1.62	سلسل
257	29 20 29	298.975	99 41 07	1.62	CL
258	30 12 14	301.752	99 31 15	1.62	سلسل
259	30 43 22	303.961	98 48 06	1.62	ارض
260	31 20 58	306.132	98 36 55	1.62	ارض
261	29 09 47	323.824	98 28 55	1.62	ارض
262	28 28 29	321.451	98 38 33	1.62	ارض
263	26 31 51	345.344	98 26 36	1.62	ارض
264	25 45 18	343.545	98 30 06	1.62	ارض
265	25 15 27	364.794	98 12 42	1.62	ارض
266	24 27 03	362.87	98 20 09	1.62	ارض
267	23 50 20	385.411	98 03 44	1.62	ارض
268	23 00 29	383.338	98 11 05	1.62	ارض
269	27 52 35	319.529	99 20 01	1.62	سلسل
270	27 03 41	316.754	99 31 03	1.62	CL
271	25 48 49	313.534	99 36 00	1.62	مدخل +سلسل
272	26 24 13	308.689	99 45 03	1.62	مدخل +سلسل
273	25 28 30	312.095	99 54 00	1.62	ارض
274	24 55 25	310.24	100 10 04	1.62	ارض
275	24 57 58	326.442	99 29 06	1.62	ارض
276	24 35 53	324.408	49 33 13	1.62	سلسل

277	24 00 36	330.018	99 24 04	1.62	طريق
278	24 19 32	332.805	99 29 19	1.62	طريق
279	25 29 41	338.178	99 18 12	1.62	ارض
280	25 15 49	341.599	99 16 23	1.62	سلسل
281	24 30 47	339.581	99 22 08	1.62	CL
282	22 53 39	336.814	99 35 23	1.62	سلسل + طريق
283	22 37 58	336.033	99 32 05	2.68	ارض
284	22 18 23	335.411	99 32 30	3.55	ارض
285	23 35 30	359.827	99 06 26	1.62	سلسل
286	22 52 16	357.621	99 11 00	1.62	CL
287	21 40 41	355.379	99 16 23	1.62	سلسل
288	21 22 09	354.751	99 41 39	1.62	ارض
289	20 58 40	354.126	99 30 43	3.55	ارض
290	21 01 49	363.987	99 19 33	1.62	سلسل + مدخل
291	20 49 15	367.079	99 13 46	1.62	سلسل + مدخل
292	22 15 34	381.308	98 53 15	1.62	سلسل
293	21 28 21	379.858	98 58 04	1.62	CL
294	20 22 48	378.245	98 59 59	1.62	سلسل
295	20 02 23	377.501	99 06 17	3.57	ارض
296	18 49 49	397.442	98 53 06	3.55	ارض
297	19 21 41	398.015	98 49 38	3.55	ارض
298	19 41 44	398.293	98 45 44	1.62	سلسل + مدخل
299	20 41 21	400.265	98 44 49	1.62	CL
300	21 19 09	401.576	98 41 23	1.62	سلسل
301	19 21 07	405.804	98 46 52	1.62	سلسل
302	21 48 30	402.56	98 00 05	1.62	ارض
303	22 29 34	403.868	97 57 23	1.62	ارض
304	21 49 54	424.685	97 45 30	1.62	ارض
305	21 20 28	423.5	97 48 28	1.62	ارض
306	21 16 01	444.425	97 35 22	1.62	ارض
307	20 46 11	443.434	97 37 10	1.62	ارض
308	20 48 55	460.824	97 30 17	1.62	ارض
309	20 18 23	460.083	97 44 01	1.62	ارض
310	20 46 20	480.148	97 23 54	1.62	ارض
311	20 01 40	479.639	97 40 22	1.62	ارض
312	20 39 28	491.09	97 24 09	1.62	ارض
313	19 51 47	491.325	97 38 30	1.62	ارض
314	20 21 57	499.696	97 29 04	1.62	ارض
315	19 45 40	500.511	97 39 49	1.62	ارض
316	20 34 26	509.017	97 24 39	1.62	ارض
317	19 54 25	510.609	97 37 53	1.62	ارض

318	200 44 15	519.493	97 22 24	1.62	ارض
319	20 11 14	520.287	97 33 21	1.62	ارض
320	20 36 54	421.804	98 29 50	1.62	سلسل
321	19 59 58	420.934	98 33 05	1.62	CL
322	18 54 18	420.348	98 35 58	1.62	سلسل
323	18 36 50	420.013	99 43 58	3.65	ارض
324	18 11 39	419.628	98 43 57	3.65	ارض
325	20 23 47	426.855	98 29 23	1.62	ارض
326	20 15 13	442.758	98 19 25	1.62	سلسل
327	19 36 54	442.305	98 20 25	1.62	CL
328	18 26 21	441.918	98 20 01	1.62	سلسل
329	20 02 04	459.651	98 11 31	1.62	سلسل
330	19 20 04	458.989	98 12 27	1.62	CL
331	18 09 36	458.246	98 15 11	1.62	سلسل
332	19 42 20	479.312	98 05 30	1.62	سلسل
333	19 00 54	479.388	98 07 52	1.62	CL
334	17 53 48	479.663	98 08 47	1.62	طريق +سلسل
335	17 57 27	474.148	98 11 55	1.62	نهاية طريق + سلسل
336	19 31 27	491.341	98 00 25	1.62	سلسل
337	18 35 24	491.526	98 04 25	1.62	CL
338	17 58 45	491.244	98 04 27	1.62	سلسل
339	19 15 40	498.062	98 02 19	1.62	ارض
340	19 23 07	500.363	97 59 01	1.62	سلسل
341	18 38 42	500.862	98 02 14	1.62	CL
342	17 35 03	501.772	98 01 13	1.62	سلسل
343	17 32 31	502.68	98 02 00	1.62	سلسل
344	19 01 58	500.965	98 02 04	1.62	CL
345	18 08 25	501.397	98 02 59	1.62	CL
346	19 33 52	511.288	97 48 50	2.7	سلسل
347	19 14 21	512.495	97 57 48	1.62	CL
348	18 22 18	514.032	97 58 27	1.62	تقاطع
349	17 09 56	516.401	97 59 54	1.62	سلسل
350	16 37 45	516.571	98 02 23	1.62	سلسل
351	16 23 07	515.235	98 00 00	1.62	ارض
352	16 07 32	513.962	98 01 20	1.62	ارض
353	16 19 49	516.942	97 59 40	1.62	ارض
354	15 51 14	517.962	97 57 58	1.62	ارض
355	17 10 59	503.115	98 11 28	1.62	ارض
356	16 48 22	503.632	98 10 52	1.62	ارض
357	17 34 17	491.13	98 08 00	3.4	ارض
358	17 09 27	491.249	98 08 34	3.4	ارض

359	17 42 26	479.441	98 20 15	1.7	ارض
360	17 44 51	457.984	98 25 52	3.6	ارض
361	17 21 53	457.673	98 26 48	3.6	ارض
362	18 06 20	441.456	98 43 04	1.62	ارض
363	17 40 15	440.954	98 42 14	3.5	ارض
364	19 49 42	520.966	97 43 28	2.65	سلسل
365	19 05 58	523.089	97 54 08	1.62	CL
366	17 58 45	526.337	97 51 15	1.62	سلسل
367	17 14 11	520.062	97 58 30	1.62	CL
368	16 22 15	519.918	97 58 14	2.1	سلسل + طريق
369	16 13 46	522.251	97 59 26	1.62	سلسل + نهاية طريق
370	17 50 05	525.833	97 51 11	1.62	سلسل
371	17 02 16	529.072	97 50 49	1.62	سلسل
372	15 36 59	532.505	97 39 47	3.65	سلسل
373	16 05 28	533.964	97 52 10	1.62	CL
374	16 34 01	535.566	97 49 58	1.62	سلسل
375	16 43 47	531.75	97 52 01	1.62	سلسل
376	14 52 19	550.767	97 23 13	3.65	سلسل
377	15 19 47	552.117	97 36 02	1.62	CL
378	15 52 36	553.556	97 33 51	1.62	سلسل
379	14 22 44	572.934	97 06 40	1.62	طريق +سلسل
380	14 35 27	573.347	97 10 44	1.62	CL
381	15 26 41	573.349	97 12 23	1.62	سلسل
382	15 26 26	575.074	97 10 27	1.62	مدخل +سلسل
383	14 21 11	578.484	96 59 37	1.62	سلسل
384	14 06 42	572.466	97 03 25	1.62	ارض
385	13 29 41	571.923	96 53 29	1.62	ارض
386	14 37 57	550.027	97 27 42	1.62	ارض
387	14 14 12	548.314	97 30 06	1.62	ارض
388	15 24 52	531.968	97 43 39	1.62	ارض
389	15 02 33	530.742	97 44 55	1.62	ارض
390	14 26 53	595.477	96 32 20	1.62	سلسل
391	14 46 31	595.09	96 35 51	1.62	CL
392	15 20 06	594.362	96 39 42	1.62	سلسل
393	14 25 14	601.23	96 22 48	1.62	مدخل +سلسل
394	15 16 25	598.446	96 30 32	1.62	مدخل +سلسل
395	15 11 43	612.999	96 12 18	1.62	CL
396	14 18 41	613.659	96 03 04	1.62	سلسل
397	14 38 13	614.525	96 05 28	1.62	CL
398	15 15 06	615.723	96 02 12	1.62	سلسل
399	13 54 01	636.09	95 34 01	1.62	سلسل

400	14 15 44	636.641	95 37 57	1.62	سلسل
401	14 51 37	637.519	95 41 14	1.62	مدخل +سلسل
402	14 07 19	624.668	95 49 26	1.62	مدخل +سلسل
403	13 58 53	627.424	95 41 03	1.62	مدخل +سلسل
404	14 06 23	594.796	96 24 27	1.62	ارض
405	13 43 53	593.021	96 22 14	1.62	ارض
406	15 36 43	599.162	96 52 28	1.62	ارض
407	15 56 17	599.529	96 54 16	1.62	ارض
408	14 02 53	613.519	96 03 06	1.62	ارض
409	13 25 32	612.224	95 51 40	1.62	ارض
410	15 27 29	616.535	96 15 53	1.62	ارض
411	15 49 38	616.665	96 16 20	1.62	ارض
412	15 53 21	614.381	96 16 57	1.62	مبنى
413	16 09 57	612.631	96 19 05	1.62	مبنى
414	16 12 20	619.758	96 08 17	2.65	مبنى
415	16 29 04	618.355	96 14 15	1.62	مبنى
416	16 24 17	621.519	96 06 47	3	مبنى
417	15 26 46	626.804	96 07 53	1.62	مبنى
418	15 10 35	638.017	95 55 31	1.62	ارض
419	15 35 04	637.709	96 00 41	1.62	ارض
420	13 40 05	635.6	95 30 16	1.62	ارض
421	13 15 42	634.539	95 28 22	1.62	ارض
422	13 49 10	640.986	95 28 46	1.62	ارض
423	13 46 53	644.371	95 26 57	1.62	ارض
424	13 29 33	657.155	95 07 28	2.5	سلسل
425	13 50 37	657.957	95 14 00	1.62	C.L
426	14 19 16	658.975	95 14 56	1.62	سلسل
427	13 18 39	656.283	95 08 19	1.62	ارض
428	12 48 20	655.898	95 08 41	1.62	ارض
429	14 39 00	659.923	95 26 52	1.62	ارض
430	15 03 39	661.075	95 33 48	1.62	ارض
431	12 58 48	679.012	94 49 41	2.1	ارض
432	12 44 00	678.705	94 44 28	1.62	ارض
433	12 13 02	678.287	94 44 20	1.62	ارض
434	13 03 00	676.395	94 53 36	1.62	ارض
435	13 20 51	679.615	94 52 44	1.62	C.L
436	13 53 49	680.662	94 55 23	1.62	سلسل
437	14 10 18	680.55	95 07 06	1.62	ارض

438	14 47 16	679.898	95 15 43	1.62	ارض
439	13 46 03	684.929	94 52 41	1.62	ارض
440	12 36 42	692.463	94 37 53	1.62	مدخل فرعي
441	12 30 55	695.992	94 32 02	1.62	مدخل فرعي
442	13 25 58	699.681	94 28 21	1.62	سلسل
443	12 50 40	701.136	94 30 45	1.62	C.L
444	13 19 03	703.105	94 31 10	1.62	سلسل
445	12 09 55	698.598	94 24 55	1.62	ارض
446	11 47 26	696.581	94 24 00	1.62	ارض
447	11 53 32	713.52	94 12 32	1.62	مدخل فرعي
448	11 42 49	716.9	94 10 02	1.62	مدخل فرعي
449	12 05 21	719.694	94 09 18	1.62	C.L
450	12 23 06	721.772	94 07 47	1.62	مدخل فرعي
451	11 29 43	715.503	94 09 24	1.62	ارض
452	11 02 51	712.411	94 09 31	1.62	ارض
453	11 52 38	731.55	93 58 50	1.62	مدخل فرعي
454	12 14 55	730.717	94 04 41	1.62	مدخل فرعي
455	12 37 10	732.51	94 05 33	1.62	مدخل فرعي
456	12 46 15	726.977	94 06 58	1.62	مدخل فرعي
457	13 22 41	730.464	94 07 07	1.62	مدخل فرعي
458	13 14 08	736.695	94 02 24	1.62	مدخل فرعي
459	10 47 22	728.007	93 49 13	1.62	سلسل
460	10 01 50	711.928	93 50 10	1.62	سلسل
461	09 38 07	715.24	93 48 26	1.62	طرف شارع
462	09 18 05	718.033	93 47 58	1.62	طرف شارع
463	09 00 13	722.026	93 46 15	1.62	سلسل
464	10 07 56	745.013	93 39 11	1.62	سلسل
465	10 19 51	741.804	93 41 51	1.62	لبفلت
466	10 42 32	739.01	93 43 12	1.62	لبفلت
467	11 07 50	740.925	93 43 11	1.62	سلسل
468	11 17 58	752.869	93 35 39	1.62	سلسل
469	11 07 27	753.858	93 35 30	1.62	لبفلت
470	10 45 57	755.82	93 35 30	1.62	لبفلت
471	10 27 21	7570.338	93 34 06	1.62	سلسل
472	12 39 31	723.047	94 16 41	1.62	سلسل
473	13 09 17	723.866	94 17 15	1.62	ارض
474	13 42 13	705.058	94 43 48	1.62	ارض
475	14 06 50	706.177	94 44 45	1.62	ارض

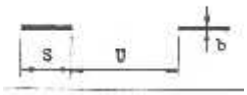
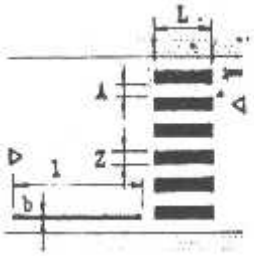
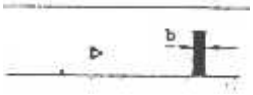
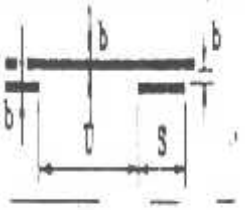
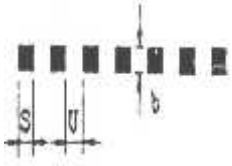
476	15 46 38	573.594	97 22 49	1.62	ارض
477	16 14 49	575.134	97 32 06	1.62	ارض
478	16 10 46	554.74	97 49 23	1.62	سلسل
479	16 37 24	556.516	97 49 24	1.62	ارض
480	16 55 32	536.776	97 58 20	2.65	سلسل
481	17 33 19	538.729	97 58 11	2.65	ارض
482	17 07 06	529.055	97 58 31	3.3	ارض
483	17 29 23	527.074	97 58 31	3.3	سلسل
484	17 51 22	526.44	97 54 33	3.3	سلسل
485	18 20 13	532.231	97 59 25	1.62	سلسل
486	18 30 09	534.442	97 56 42	1.62	سلسل
487	330 26 15	92 24 36	91.003	1.62	ارض
488	329 46 02	90 44 38	93.826	1.62	ارض
489	327 36 39	89 26 02	99.628	1.62	ارض
490	315 40 59	90 42 21	91.227	1.62	ارض
491	313 51 23	90 59 31	84.238	1.62	سلسل
492	333 32 00	93 37 21	82.977	1.62	ارض
493	337 08 37	94 56 29	75.289	1.62	سلسل
494	338 52 18	96 16 46	72.467	1.62	ارض
495	341 09 02	96 51 37	68.972	1.62	ارض
496	325 15 34	94 16 05	81.191	1.62	سلسل
497	324 10 57	94 24 41	80.406	1.62	ارض
498	316 00 33	95 27 13	75.636	1.62	سلسل
499	315 27 56	93 49 11	78.963	1.62	ارض
500	315 08 57	91 36 33	83.729	1.62	ارض
501	316 45 04	95 42 13	71.507	1.62	C.L
502	318 51 49	96 43 14	63.213	1.62	سلسل
503	319 38 13	99 27 42	61.195	1.62	ارض
504	321 42 40	100 25 19	55.881	1.62	ارض
505	296 21 52	101 57 07	53.589	1.62	ارض
506	298 25 10	100 09 16	58.956	1.62	ارض
507	299 09 25	97 55 41	62.779	1.62	ارض
508	302 35 29	98 12 32	61.465	1.62	ارض
509	300 03 12	96 58 42	67.941	1.62	C.L
510	300 38 20	96 30 06	73.232	1.62	سلسل
511	300 53 42	95 11 07	76.39	1.62	ارض
512	301 26 28	93 12 23	81.364	1.62	ارض
513	287 07 41	92 29 33	92.321	1.62	ارض

514	285 02 43	94 35 36	86.435	1.62	ارض
515	293 07 57	96 30 12	75.126	1.62	ارض
516	283 42 33	95 58 18	83.014	1.62	سلسل
517	280 25 20	96 46 15	77.502	1.62	C.L
518	287 03 45	97 28 12	73.746	1.62	ارض
519	276 54 25	99 06 05	71.214	1.62	ارض
520	273 16 23	99 53 31	66.628	1.62	ارض
521	273 51 56	97 16 56	78.301	1.62	ارض
522	262 33 31	98 59 22	84.31	1.62	ارض
523	265 23 11	98 33 01	87.455	1.62	ارض
524	267 22 00	96 27 30	89.375	1.62	سلسل
525	270 34 34	96 07 10	93.383	1.62	C.L
526	273 38 33	95 34 26	97.525	1.62	سلسل
527	274 32 30	94 22 37	98.939	1.62	ارض
528	277 14 19	93 00 13	103.549	1.62	ارض
529	269 51 01	92 50 01	122.061	1.62	ارض
530	267 16 38	93 29 46	118.735	1.62	ارض
531	265 51 58	95 00 58	116.521	1.62	سلسل
532	263 11 19	95 21 34	113.152	1.62	C.L
533	259 46 17	95 41 55	108.97	1.62	سلسل
534	258 16 37	97 10 48	107.225	1.62	ارض
535	255 12 11	97 50 13	104.047	1.62	ارض
536	257 49 53	95 44 09	114.594	1.62	ارض
537	256 40 51	95 29 18	118.809	1.62	ارض
538	248 58 16	97 14 24	124.169	1.62	ارض
539	251 42 23	96 49 13	128.001	1.62	ارض
540	253 44 50	95 24 11	131.379	1.62	سلسل
541	256 29 57	95 04 05	136.472	1.62	C.L
542	258 10 19	94 42 24	139.377	1.62	سلسل
543	258 59 40	93 56 02	141.037	1.62	ارض
544	260 55 16	93 10 04	144.433	1.62	ارض
545	256 21 34	92 42 06	165.559	1.62	ارض
546	253 53 14	93 39 49	162.001	1.62	ارض
547	253 24 17	94 53 56	153.849	1.62	ارض
548	252 10 31	94 44 44	159.739	1.62	سلسل
549	250 29 30	95 09 22	156.869	1.62	C.L
550	248 35 34	95 13 31	154.301	1.62	سلسل
551	247 27 58	96 35 37	153.072	1.62	ارض

552	244 40 01	96 54 01	149.799	1.62	ارض
553	247 23 32	95 23 49	161.037	1.62	ارض
554	247 03 14	95 22 25	165.833	1.62	ارض
555	241 23 11	96 23 27	174.048	2.6	ارض
556	243 32 35	96 01 58	176.294	2.6	ارض
557	245 26 14	95 19 01	179.033	1.62	ارض
558	246 44 23	95 08 34	180.244	1.62	C.L
559	247 48 12	94 58 55	182.866	1.62	سلسل
560	246 40 03	95 08 34	180.563	1.62	C.L
561	248 28 59	94 10 11	184.165	1.62	ارض
562	250 09 57	93 15 33	186.617	1.62	ارض
563	244 51 11	95 03 59	190.82	1.62	ارض
564	248 33 11	93 19 51	213.185	1.62	ارض
565	247 10 16	93 17 31	211.881	1.62	ارض
566	245 56 40	94 31 01	211.278	1.62	ارض
567	244 35 24	94 47 28	210.266	1.62	C.L
568	243 29 20	94 51 14	209.289	1.62	سلسل
569	242 30 11	95 38 58	208.58	1.62	ارض
570	240 22 09	96 01 21	207.235	2.65	ارض
571	238 51 50	95 41 22	236.147	2.75	ارض
572	241 22 24	95 39 28	238.151	1.62	ارض
573	242 42 42	94 93 42	239.002	1.62	سلسل
574	243 39 52	94 30 31	239.614	1.62	C.L
575	244 51 25	94 20 40	241.071	1.62	ارض
576	245 36 12	93 41 11	241.732	1.62	ارض
577	246 11 33	93 00 38	241.905	1.62	ارض

علامات وإشارات المرور

أنواع علامات المرور وأبعادها وتطبيقاتها على الشارع

type	Marking	Thickness Cm	Ratio s/v M	Application
Lane lines (white)		10-20	3/6 3/9 3/3	- Between lanes of the same direction - at channelization
Pedestrian crossing (white/black)		b= 10-20 I >=10m L=2.5m Z=50-70 A=Z or Z+20		Pedestrian crossing are necessary at: - intersections. -near schools , shopping a.s.o. - in residential areas> - on streets with heavy traffic>
Stop line (white)		>=30		-stop streets. - light signals. - rails crossing>
Double axial line (white)		10-20	3/6 3/9	At inadequate sight distance for one direction at -curves. -crests & sags.
Limitation line (white)		30-50	٠.٣/0.3 0.5/0.5	On secondary roads when meeting with main roads.

إشارات المرور :

الهدف من الإشارات على الطرق هو توجيه وتنبيه السائقين بالإضافة إلى تنظيم الحركة المرورية والقيادة على الطرق ،وتعتبر الإشارات المرورية وسيلة الاتصال والتخاطب ما بين الطريق ومستخدم الطريق وتتكون الإشارات المرورية من عدة أنواع هي :

- الإشارات التحذيرية .
- الإشارات التنظيمية .
- الإشارات الإرشادية .

١. **الإشارات التحذيرية** :

تستخدم الإشارات التحذيرية لتنبيه وتحذير السائق وكافة مستخدمي الطريق من أخطار او أوضاع خطرة قائمة ومحتملة على الطريق او الشارع او بجوارهما وذلك حتى لا يفاجأ بالخطر ويؤثر سلبا على تصرفه .
وتطالب الإشارات التحذيرية بأخذ الحيطة والحذر من قبل السائق من اجل سلامته وسلامة من معه وكافة مستخدمي.الطريق.
بشكل عام تكون جميع الإشارات التحذيرية ذات شكل مثلث .وتكون الأرضية (خلفية الإشارة) باللون الأبيض والرموز او الرسوم باللون الأسود على وجه الإشارة وإطار باللون الأحمر .

إشارات المرور التحذيرية				
احذر منعطف مزدوج يسار ZIG-ZAG LEFT	احذر منعطف مزدوج يمين ZIG-ZAG RIGHT	احذر تقاطع سكة حديد لها بوابة أو حاجز GUARDED LEVEL CROSSING	احذر منحنى لليسار LEFT BEND	احذر ملتقى سكة حديد مع إشارة ضوئية وحاجز GUARDED LEVEL CROSSING WITH SIGNAL
احذر منحنى لليمين RIGHT BEND	احذر الطريق يضيق من اليسار ROAD NARROWING DOWN	احذر أسلاك كهربائية ELECTRICAL HIGH VOLTAGE	احذر امامك سكة حديد بدون حاجز UNGUARDED RAILWAY CROSSING	احذر امامك منطقة جمال BEWARE OF CAMEL
احذر امامك طريق دائري ROUND ABOUT	احذر طريق فرعي من اليسار TRAFFIC MERGES FROM LEFT	احذر تقاطع طريق رئيسي مع فرعي CROSS FORWARD AHEAD	احذر طريق فرعي من اليمين TRAFFIC MERGES FROM RIGHT	احذر امامك شاحنة قف HEAVY TRAFFIC PARKING
احذر حيوانات البقة DOMESTIC ANIMAL	احذر حيوانات برية WILD ANIMAL	احذر مدرج مطار AIR FIELD	احذر امامك طريق دراجات هوائية ROAD FOR CYCLIST	احذر مدارس SCHOOL
احذر امامك اشارات ضوئية TRAFFIC CONTROL LIGHT	احذر اتجاه لحافة جسر أو نهر RIVER BANK AHEAD	احذر تحديد اتجاه الريح WIND DIRECTION	احذر الطريق غير مستو HUMPS	احذر امامك منخفضات UNEVEN ROAD

احذر امامك نفق TUNNEL	احذر منحدر خطر STEEP HILL DOWNWARD	احذر اشغال واصلاحات على الطريق ROAD WORKS AHEAD	احذر عبور مشاة PEDESTRIAN CROSSING AHEAD	صخور متساقطة FALLING ROCK
احذر الطريق سيضيق امامك NARROW ROAD AHEAD	احذر طريق زلق SLIPPERY ROAD	احذر اخطار غير محددة OTHER DANGER AHEAD	احذر جسر متحرك OPEN BRIDGE AHEAD	اشارة تنبيه بوجود تقاطع على بعد ٣٠٠ متر COUNT DOWN "300" M
احذر امامك طريق افضليته للغير GIVE WAY	احذر مرتفعات صناعية UNEVEN ROAD	احذر منطقة سير على الاتجاهين TWO WAY TRAFFIC	احذر تقاطع طرق CROSS ROAD AHEAD	احذر سلسلة منحنيات (منعطفات) ZIG-ZAG
نهاية الافضلية END OF PRIORITY ROAD	تقاطع سكة حديد UNGUARDED LEVEL CROSSING	اشارة تنبيه بوجود تقاطع على بعد ٢٠٠ متر COUNT DOWN "200"	احذر افضلية المرور لك (الافضلية للمارين) PRIORITY ROAD	اشارة تنبيه بوجود تقاطع على بعد ١٠٠ متر COUNT DOWN "100"

٢. **الإشارات التنظيمية :**

تستخدم الإشارات التنظيمية لتعريف السائق وكافة مستخدمي الطريق بالأنظمة المرورية والقيود والمحظورات المختلفة الواجب التقيد بها أثناء القيادة او استخدام الطريق، وهذه الاشارت توضح أنظمة المرور وقوانينه ويتعرض من يخالفها للمخالفة والعقاب، ويوجد عدة أنواع وأصناف للإشارات التنظيمية هي :

- مجموعة إشارات حرم الطريق مثل علامة (قف) وعلامة (أعط الأفضلية) .
- مجموعة إشارات السرعة.
- مجموعة إشارات السير و ممنوعات السير.
- مجموعة إشارات الانتظار.
- مجموعة الإشارات الإجبارية.

بشكل عام تكون جميع الإشارات التنظيمية دائرية الشكل وتكون أرضيتها باللون الأبيض والرموز او الرسوم باللون الأسود على وجه الإشارة وإطار باللون الأحمر وهناك بعض الاستثناءات مثل: شكل إشارتي ((قف)) و ((أعط الأفضلية)) يختلف ، فإشارة ((قف)) ذات شكل ثماني الأضلاع وارضية حمراء و الكتابة والإطار بالأبيض وذلك لتميزها لأهميتها ، أما إشارة ((أعط الأفضلية)) ذات شكل مثلث متساوي الأضلاع مقلوب (رأسه إلى اسفل) وتكون الأرضية باللون الأبيض والإطار باللون الأحمر . الإشارات الإجبارية تكون أرضيتها باللون الأزرق والكتابة بالأبيض ..

إشارات المرور التنظيمية

٣. الإشارات الإرشادية :

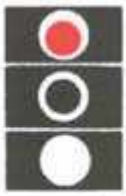
تستخدم الإشارات الإرشادية بصفة أساسية من اجل إرشاد وتوجيه السائقين وكافة مستخدمي الطرق على طول الشوارع والطرق إلى المدن والقرى والشوارع وغيرها من المقاصد الهامة والضرورية ، وإحاطتهم بالتقاطعات وتحديد المسافات والاتجاهات والأماكن ذات الأهمية الجغرافية والجيولوجية والتاريخية والدينية ومرافق الخدمات على الطرق، وبشكل عام فان هذه الإشارات تؤمن مثل هذه المعلومات ، كما تساعد السائقين على طول الطريق بسلك اقصر الطرق للوصول لمقاصدهم .

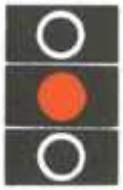
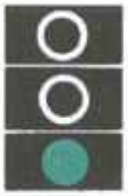
بالنسبة لمعظم الإشارات الإرشادية فإن الكتابة أو الرموز تكون مختلفة و متنوعة لدرجة انه لا يمكن أن يكون هناك حجم موحد لجميع الإشارات، ولذلك فان أحجام الإشارات تتحدد أساساً بطول الرسالة المراد توصيلها .

بالنسبة لألوان الإشارات الإرشادية فهي ايضاً مختلفة وقد تم تحديد الألوان حسب نوع الرسالة المراد توصيلها:

- الإشارات على الطرق خارج المدن تكون الأرضية باللون الأزرق والكتابة باللون الأبيض ، أما داخل المدن تكون الأرضية بالأخضر والكتابة بالابيض .
- التأشير للمدن والقرى والهجر فتكون الأرضية بالأزرق والكتابة بالأبيض .
- التأشير للشوارع والأحياء داخل المدن فيكون لون الأرضية بالأخضر والكتابة بالأبيض .
- التأشير للمقاصد المهمة كالمستشفيات يكون لون الخلفية بالأبيض والكتابة بالأسود .
- التأشير للمزارع والمجمعات الترفيهية والمتاحف يكون لون الخلفية بالبني والكتابة بالأبيض .

إشارات المرور التوضيحيةو التثقيفية:

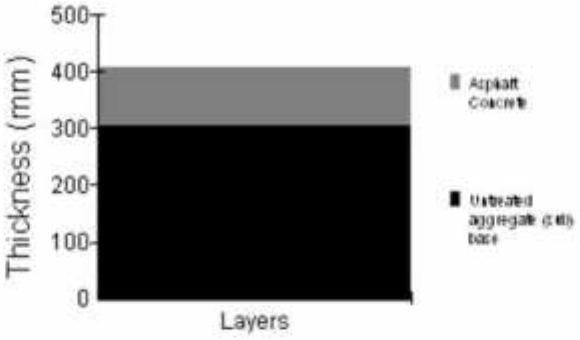
استراحة RESTAURANT	طريق دولي سريع MOTOR WAY	محطة محروقات FUEL PUMP	مطعم RESTAURANT	نهاية طريق دولي سريع MOTOR WAY END
هاتف PUBLIC TELEPHONE	خطوط مرور المشاة (تحدد ضرورة تقيد المشاة بالمرور من مناطق عبر الخطوط) PEDESTRIAN CROSSING	طريق غير نافذ يسار NO SIDEWAY TO LEFT	طريق غير نافذ يمين NO SIDEWAY TO RIGHT	الطريق غير نافذ الى اليمين RIGHT END SIDE ROAD
موقف PARKING	نهاية الطريق المخصص لسير السيارات الخفيفة END OF LIGHT VEHICLE	موقف مخصص للحافلات BUS STOP	مستشفى HOSPITAL	الطريق غير نافذ الى الامام STRAIGHT ROAD END
 قف STOP	هدئ السرعه GO SLOWLY	اشارة التهيؤ لمرور المشاة READY TO GO	غابات قابلة للاشتعال FOREST FIRE HAZARD	الاشارة تسمح بمرور المشاة PEDESTRIAN
ممنوع استعمال الشاحنات لهذا المسار NO HEAVY VEHICLE TO LEFT	اجباري الى اليمين أو الى اليسار LEFT & RIGHT DIRECTION	الانعطاف الى الاتجاه الاخر مسموح LEFT "U" TURN	فندق HOTEL	مستشفى HOSPITAL

مركز اسعاف FIRST AID	تحديد اتجاهات السير ROAD DIRECTIONS	ورشة تصليح WORKSHOP AHEAD	تقاطع طرق ROAD CROSSING	نهاية المناطق المعمورة END OF CITY
اشارة تخص المشاة بعدم المرور (ممنوع مرور المشاة) NO PEDESTRIAN	 تهيأ للوقوف SLOW DOWN SPEED & MOVE	 سير ALL CLEAR TO MOVE	تحويل اجباري ROAD DIVERSION	يسمح بالتجاوز اذا كان الخط المتقطع اقرب الى السائق من الخط المتصل NO CROSSING OF LINES
لايسمح بالتجاوز من الاتجاهين NO CROSSING FROM BOTH SIDE	ضرورة استعمال سلاسل الوقاية ضد الثلج ICEY ROAD, REWIND TYRE	الطريق مخصص للمشاة PEDESTRIAN CROSSING	طريق مخصص لعبور الخيول ROAD FOR HORSE	السير على أحد جانبي الطريق TWO WAY SIDE
اتجاه اجباري للمسار LEFT TURN	امامك طريق دائري ROUND ABOUT	اتجاه اجباري الى اليمين RIGHT TURN	طريق خاص بالسيارات الخفيفة LIGHT VEHICLES ONLY	نهاية المسار الخاص بالحافلات NO BUS STOP
اجباري الى اليمين او الى الإمام فقط STRAIGHT & RIGHT	اتجاه اجباري TURN RIGHT	طريق خاص بالدراجات الهوائية ROAD FOR CYCLE	انتهاء التقيد بحدود السرعة المسوح بها END OF SPEED LIMIT	نهاية السماح بالتجاوز END OF TRAFFIC RESTRICTION

Asphalt Institute

Pavement Design Detail Report

SW-1 Thickness Design Software version 1.0



User:	M Masri	Date:	6/9/2009	Time:	02:37
Project Information					
Project Name:		Gravel Base Problem			
Description:					
Pavement Use:		General Roadway			
Problem Type:		New Pavement Design			
Design Input Summary					
Climate:		15° C			
Design Traffic (ESAL):		204,889			
Subgrade M_r (MPa):		257.5			
Design Traffic Details					
Design Life (years):		20			
Design Lane Factor:		0.5			
Initial Average Annual Daily Traffic (AADT):		841			
Truck Volume, as a percentage of AADT:		11			
Annual Compound Growth Rate (%):		3.5			
Type of usage:		Rural			
Truck Classification		% Trucks		Truck Factor	
TRUCK(2-AXLE,4-TIRE)		50		0.01	
TRUCK(2-AXLE,6-TIRE)		10		0.30	
TRUCK(3-AXLE or MORE)		3		0.86	
MULT.TRUCK(<=4-AXLE)		4		0.64	

MULT.TRUCK(5-AXLE)	24	1.36
MULT.TRUCK(>=6-AXLE)	1	1.63
TOTAL:	100	N/A
Calculated Equivalent Single Axle Loads (ESAL)		
Initial Year Traffic (ESAL):	7,245	
Design Life (ESAL):	204,889	
Subgrade Information		
Type of Measurement:	California Bearing Ratio(CBR)	
Correlation Equation:	M_r (MPa) = [10.3 x CBR]	
Recommended Design Strength Percentile	75.0	
Design Strength Percentile:	N/A	
Individual CBR Values	CBR	M_r
	25	258
Average:	25	258
Std Dev:	0	0
Design M_r	258	
Design Results		
HMA Thickness (mm)	101.6	
Aggregate Base Thickness (mm)	304.8	