بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة و التكنولوجيا

مشروع تخرج بعنوان

إعـادة تأهيل و تصميم شارع " المشرر البصة "

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية و المعمارية في كلية الهندسة و التكنولوجيا

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

مصطفى الزير — ليث أبو السعود

عبد الكريم النجاجرة — تامر الأطرش

إشراف

د.غادي زكارنة

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

أيار/٢٠١٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة و التكنولوجيا

مشروع تخرج بعنوان

إعادة تأهيل و تصميم شارع " المنشر البصة "

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية و المعمارية في كلية الهندسة و التكنولوجيا
لستكمل لمتطلبات النجاح في مساق مقدمة مشروع التخرج للحصول على
درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

مصطفى الزير — ليث أبو السعود

عبد الكريم النجاجرة — تامر الأطرش

إشراف

د.غادي زكارنة

جامعة بوليتكنك فلسطين
الخليل – فلسطين
أيار/٢٠١٣م

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنلوجيا

مشروع تخرج بعنوان

إعادة تأهيل و تصميم شارع " المشرر البصة"

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية و المعمارية في كلية الهندسة و التكنولوجيا
لستكمل لمتطلبات النجاح في مساق مقدمة مشروع التخرج للحصول على
درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

مصطفى الزير — ليث أبو السعود

عبد الكريم النجاجرة — تامر الأطرش

توقيع مشرف المشروع — توقيع رئيس الدائرة

الإسم: — الإسم:

توقيع اللجنة الممتحنة

....

جامعة بوليتكنك فلسطين
الخليل – فلسطين
أيار/٢٠١٣م

الإهداء

إلى شهداء الوطن الحبيب اللذين امتزجت دمائهم بثرى الوطن
الحبيب ليرسموا لنا طريق الحرية

إلى أمي الغالية رفيقة دربي في ليالي السهر الطوال
إلى أبي رمز العطاء الدائم المغني عن السؤال

إلى كل من تحرك القلم في يده بخط كلمه خير تشرق بها شموس الفجر

إلى الدموع السائلة ترقب الفجر القريب

إليك يا وطن و إلى كل القلوب الصافية

إلى إخواني وأخواتي وزملائي و إلى كل من علم حرفاً

وإلى كل من ساهم في انجاح هذا المشروع

وأقول لهم جميعاً مازال على هذه الأرض ما يستحق الحياة

فريق العمل

شكـــــــــــــــــــر وتقدير

نتقدم بالشكر والثناء الى الله عز وجل الذي وفقنا وأعاننا على أن نصل الى المرحلة الأخيرة من انجاز كافة متطلبات الحصول على درجة البكالوريوس في الهندسة

ونوجه الشكر الى جامعة بوليتكنك فلسطين وخصوصا دائرة الهندسة المدنية والمعمارية بجميع هيئتها التدريسية ونخص بالذكر

م.فيضي شبانة

م.مصعب شاهين

م.أحمد الحرباوي

م.حسن الرجبي

مسماح الجعبري

الذين كانوا منارة لنا في طريقنا لإنجاز هذا العمل

كما ونوجه الشكر الى كل من ساهم في انجاح هذا العمل الذي يشكل بداية الأنطلاقة نحو افق علمي وعملي واسع

فريق العمل

إعادة تأهيل و تصميم شارع " المنشر البصة "

فريق العمل

مصطفى الزير ليث أبو السعود

عبد الكريم النجاجرة تامر الأطرش

أشراف

د.غادي زكارنة

جامعة بوليتكنك فلسطين – 2012م.

الملخص :

يهدف المشروع الى إعادة تأهيل الطريق الواصل بين "شارع عيصى شارع بئر السبع " لمعالجة المشاكل التي تعتري الوضع الحالي للطريق من تشققات ، تجمع مياه الأمطار في بعض قطاعات الطريق ، مسافة الرؤيا الآمنة للتوقف بسبب التغيرات المفاجئة في الطريق ، وضع الإشارات المرورية وعدم وجود تعليه في المنحنيات الأفقية ، وسنعمل ان شاء الله على حل جميع المشاكل من خلال دراسة وتجهيز مخطط كامل الطريق الذي يعتبر الواصل بين طريق بئر السبع وطريق عيصى التي تعتبر من أكثر الطرق حيوية في مدينة الخليل .

وسنعمل على إيجاد أفضل الحلول لتصريف مياه الأمطار من خلال الميول المناسبة والعبارات ان احتاج الأمر بالإضافة الى حل جميع المشاكل المذكورة من خلال التصميم المناسب الذي يضمن الأمان للسائقين والمواطنين بالإضافة إلى وضع الإشارات المرورية في مكانها المناسب .

Abstract

Rehabilitation and Design of "Almanshar – Albsa" street

Prepared By:

Mostafa Alzeer

Laith Abu Al-Soud

Abed Al Kareem Al Najajreh

Tamer Al-Atrash

Supervisor:

Dr. Ghadi Zakarneh

The project aims to rehabilitate the road. This road is connecting two streets that are concerned as very important roads in Hebron city. It connects " Isa street" and "Beir Al -Saba' street". We are trying to solve the problems that are occurring in the current situation of the road such as cracks, gathered rainwater in some sections of the road, sight stopping distance for drivers resulted by the sudden geometry changes in the road, loss of necessary traffic signs and the lack of super elevation in the horizontal curves. Here, the solutions are going to be applied through studying and preparing a completely new design for this road.

We are trying to have the best solutions for the problem of rainwater drainage through using appropriate slops and drainage outlet when required in the design process. In addition, the solutions of the problems are applied appropriate design that ensures the safety of the drivers and citizens and the installations of proper traffic signs in the required locations.

الفصل الأول

المقدمة

١-١ نظرة عامة

١-٢ نبذة تاريخية عن مدينة الخليل

1-٣ أهمية المساحة في تصميم الطرق

١-٤ فكرة المشروع

١-٥ منطقة المشروع

١-٦ مشكلة المشروع

١-٧ أهداف المشروع

١-٨ طريقة العمل

١-٩ هيكلية المشروع

١-١٠ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

١-١١ الجداول الزمنية

المقدمة

١-١ نظرة عامة

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

وحتى نتمكن من تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والتكلفة الممكنة، لا بد في البداية من تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية. وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار القاعدة الأساسية التي يتم من خلالها وضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتى مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح.

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

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

١-٢ نبذة تاريخية عن مدينة الخليل :

الخليل واحدة من أقدم المدن في فلسطين والعالم، ويعود تاريخها إلى أكثر من ٦٠٠٠ سنة قبل الميلاد، ويعتقد أنه منذ حوالي سنة ٤٠٠٠ قبل الميلاد هاجرت قبائل عربية كنعانية من الجزيرة العربية إلى فلسطين، وبنت عددا من القرى والبلدات في منطقة الخليل، وفي فترة لاحقة تم دمج أربع من هذه القرى الواقعة على تلال الخليل لتشكل معا مدينة ذات نظام سياسي واجتماعي واحد.

اتخذت المدينة الموحدة من تل الرميدة مركزا لها، وازدهرت ازدهارا ملحوظا بعد توحيدها، وهذا ما يشير إليه بقايا الأسوار والأبراج والبوابات على تل الرميدة ومناطق المدينة الأخرى. ربما كان هذا هو السبب في

تسمية المدينة الكنعانية من العصر البرونزي باسم "قرية أربع" وتعني بلدة الأربعة، أو ربما بسبب وقوعها على أربعة تلال، وكلمة خليل بالعربية تعني الصديق، والتسمية نسبة إلى إبراهيم عليه السلام خليل الله، بحسب ما ورد في القرآن الكريم، هذا وقد عرفت الخليل بعدة أسماء أخرى في العصور المختلفة ومنها: مطالون، كلستيلوم، ممرا وحبرون.

تقع مدينة الخليل على مسافة ٣٧ كم جنوبي القدس، و٢٧ كم جنوبي بيت لحم، وتظهر على جانبي الطريق المؤدي من الخليل إلى بيت لحم الريف الفلسطيني الجميل الذي يشهد على خصوبة وإنتاجية هذه الأراضي التي تنتشر بها كروم العنب الوفيرة، والأشجار المثمرة الأخرى مما يضفي عليها سحرا خاصة، وأهم ما تنتجه هذه الكروم هو العنب الخليلي ذو الطعم المميز الذي تشتهر به المدينة والقرى المجاورة، تبلغ مساحة المحافظة ٩٩٧ كم٢ ، ومساحة المدينة ٢٢.٨ كم٢ ، وتبلغ نسبة المحافظة ١٦.٦ % من أراضي الضفة.

١-٣ أهمية المساحة في تصميم الطرق:

تستند أعمال تصميم مشاريع الطرق على قدر هائل من معلومات المهمة، هذه المعلومات تحتاج إلى تصور حقيقي وحسابات دقيقة لتنتج تخطيط أفضل وتصميم أكثر تجاوباً مع الأهداف المطلوبة، وغياب هذه المعلومات يؤدي إلى تخطيط عشوائي وخسارة فادحة، لذا كان لابد من توفر أجهزة وبرامج تصميم خاصة لتغطية هذه الحسابات.

في العقود الثلاث الماضية ازداد الإقبال على أجهزة قياس المسافات الإلكترونية واستخدام وسائل المساحة الجوية ومعلومات الأقمار الصناعية بالنظر لما توفره هذه المصادر من توفير للوقت والجهد ودقة هائلة في القياس.

١-٤ فكرة المشروع:

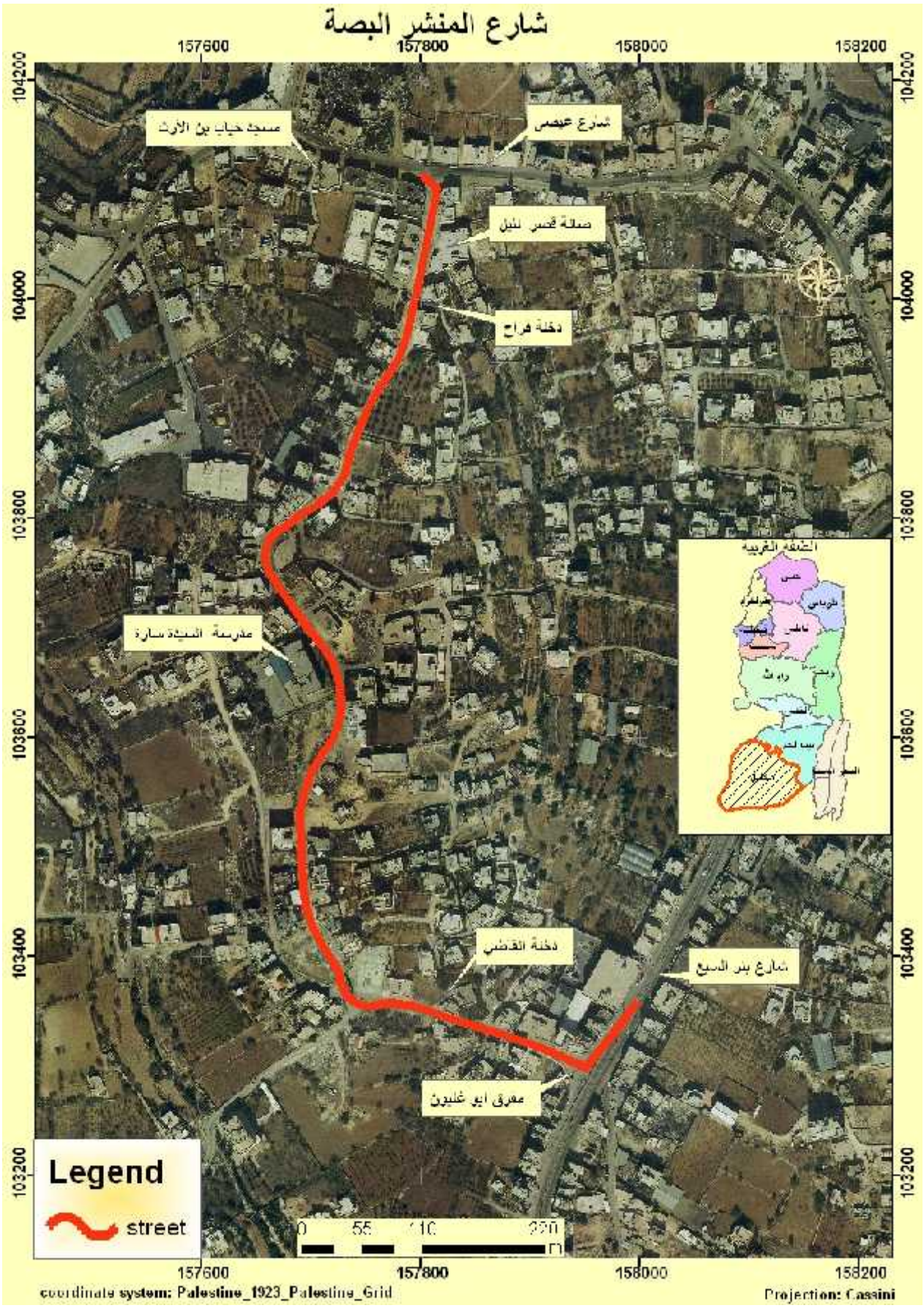
تشتمل فكرة المشروع على دراسة و تصميم الطريق الواصل بين شارع عيصى وشارع بئر السبع، وهو ما يعرف بشارع (المنشر البصة) و الذي هو عبارة عن طريق معبد بطول ١٣٠٠ متر تقريبا ، ونهدف من وراء هذا العمل القيام بوضع تصميم نموذجي لهذا الطريق، و الاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق من حيث التخطيط الأفقي، والتخطيط الرأسي، و يشمل الرفع الجانبي للطريق الذي يعرف باسم (Super elevation)، والتوسيع على المنحنيات (widening)، وكذلك عمل الميول الجانبية والأقنية الجانبية لتصريف مياه الأمطار في فصل الشتاء، ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصف والأكتاف والأطاريف (البردورات) وأرصفة المشاة والجزر الوسطية وإشارات المرور والإنارة.

وبسبب موقع الطريق في منطقة حيوية تكثر فيها المساكن ووجود بعض المصانع ومدرسة ثانوية ومسجد، وصالات للأفراح فلا بد لنا أن نبين أماكن مرور المشاة وخاصة طلبة المدارس والمناطق المحضورة التي يمنع منها المشاة أيضا الأماكن المخصصة لوقوف المركبات ونوضح السرعات التي لا يمكن تجاوزها ذلك لتحقيق

الهدف العام من المشروع وهو الوصول إلى طريق آمن لا يسبب الحوادث، و يحقق الانسياب الأمثل بجعل جميع عناصر الطريق تتماشى مع توقعات السائقين بتجنب التغيرات المفاجئة في مسار الطريق، وتحقق الامن والراحة للمشاة والسائقين وكذلك يعطي قيمة جمالية وحضارية للمنطقة.

١-٥ موقع المشروع :

يقع المشروع في المنطقة الغربية من مدينة الخليل , تحديدا في المنطقة الواقعة ما بين شارع عيصى وشارع بئر السبع مروراب "مدرسة السيدة سارة للبنات" ويبلغ طول الطريق حوالي ١٣٠٠م وعرضه حوالي ١٤م وارتداد ٣ م على جانبي الطريق، حيث تزدحم جنبات هذه الطريق بالأبنية السكنية والمحال التجارية، والشكل(١-١) التالية تظهر منطقة المشروع:



شكل (١-١) موقع المشروع

١-٦ مشكلة البحث:

إن الطرق أصبحت رمزا من رموز التقدم والازدهار لأي مدينة من المدن، لذلك فإن المدن تهتم بشكل كبير في إنشاء الطرق التي تخدم مصالح السكان وكذلك تعتني بالشكل الحضاري لهذه الطرق وخصوصا بالطرق الرئيسية التي يتم استخدامها بشكل متزايد.

- المنحنيات الراسية والأفقية تفتقر إلى العديد من الأسس الهندسية وخصوصا في عدم توفر مسافة الرؤية الكافية وهذه المشكلة يمكن ملاحظتها عند المنحنيات الشديد.
- تجمع مياه الأمطار في مناطق من الطريق وذلك بسبب سوء التصريف لها نتيجة لعدم وجود القنوات الجانبية في بعض المناطق التي تحتاج إلى ذلك.
- عدم توفر أرصفة مشاة وجزر وسطية على الرغم من وجود مدرسة والعديد من المنازل على طرفي الطريق.
- عدم توفر الإنارة الكافية والإشارات التي يجب أن توضع على الطريق.

١-٧ أهداف المشروع:

إن هذا المشروع يهدف إلى إعادة تأهيل للطريق حيث يتضمن العمل ما يلي:

أ- التصميم الهندسي ويشمل التخطيط الأفقي والراسي بالإضافة إلى الأمور التالية:
- حجم المرور وتركيبه.
- السرعة التصميمية للطريق.
- سطح الطريق المرصوف.
- الميول الجانبية.
- أكتاف الطريق.
- الأرصفة.
- الجزر الفاصلة والجبة.
- تخطيط الطريق والعلامات المرورية.
- عرض المسرب.
- إنارة الطريق.

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

١-٨ طريقة العمل:

ان العمل بهذا المشروع يعتمد على استراتيجية متبعة وفقا للخطوات التالية:

- التنسيق مع بلدية الخليل حول طريق يراد تنفيذه او اعادة تأهيله، وقد تم الاتفاق على هذا الطريق الذي يربط شارع عيصى بشارع بئر السبع ، بحيث يتم عمل تصميم كامل له.
- الاتفاق مع المشرف على الطريق واخذ رأيه في ذلك.
- استكشاف الطريق والاطلاع على المشاكل الموجودة فيه، وعمل دراسة له، ومن ثم اختيار اماكن لمحطات الرصد وذلك بشكل اولي.
- تثبيت محطات ل رصد stationsوتعليمها على الأرض بحيث كانت كل محطة station من المحطات تكشف المحطة station التي تسبقها والتي تليها.
- البحث عن احداثيات قطرية فلسطينية قريبة Trigs او نقاط مصدقة من قبل دائرة المساحة وذلك من اجل عملية ربط المضلع Traverse الخاص بالشارع بهذه الاحداثيات القطرية.
- القيام بعملية الرصد للمضلع Traverse بحيث تم تحديد نقاط GPSعنده بداية المضلع وعنده نهاية والتصفير على نقطة بداية المضلع، ومن ثم اخذ القراءات اللازمة للمضلع Traverse وهي عبارة عن ثلاث قراءات لكل محطة station، بحيث يتم التصفير على المحطة station التي تسبقها والقراءة على المحطة station التي تليها، وربط طرفي هذا المضلع Traverse بنقاط معلومة الاحداثيات.
- حساب احداثيات المحطات stations وتصحيحها باستخدام least square solution .
- البدء بعملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة حسب المعطيات من العمل الميداني.
- القيام بالأعمال المكتبية الأخرى والتي تتضمن الحسابات الأزمة والشرح عن المشروع وكتابة مادة المشروع بشكل متوازي مع العمل الميداني.

١-٩ هيكلية المشروع:

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

- الفصل الأول: المقدمة وهي مقدمة عامة عن الطرق والمشروع المقترح.
- الفصل الثاني: الاعمال المساحية والمضلعات.
- الفصل الثالث: التصميم الهندسي للطريق
- الفصل الرابع: مشاكل الطريق والحلول المقترحة
- الفصل الخامس: حجم السير وإشارات المرور.
- الفصل السادس : التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية
- الفصل السابع: حساب المساحات والحجوم لكميات الحفر والردم.
- الفصل الثامن: تصميم شبكة تصريف مياة الامطار.
- الفصل التاسع : النتائج والتوصيات.

١-١٠ الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة:

١-١٠-١ أجهزة المحطة الشاملة (Total Stations) وما يلزم معها مثل (عواكس، أجهزة لاسلكية، شريط قياس مسافات، علبة دهان لتعليم القطا، الخ).[١]

١-١٠-٢ جهاز (GPS Trimble R8)[٢].

١-١٠-٣ برنامج (AutoCAD).

١-١٠-٤ برنامج (Autodesk Civil 3D 2012).

١-١٠-٥ برنامج (ArcGIS 10) [٣].

١-١٠-٦ برنامج sewer CAD 5.5 .

١-١١ الجداول الزمنية :

الجداول (١-١) و(١-٢)تبين توزيع عمل المشروع على الفصلين .

جدول (١-١) : الجدول الزمني لأعمال الفصل الأول

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			■	■												
العمل الميداني					■	■	■									
العمل المكتبي						■	■	■	■	■						
الرسم باستخدام الكمبيوتر										■	■					
تجهيز التقرير الأولي لمقدمة المشروع												■	■	■		
تجهيز التقرير النهائي لمقدمة المشروع								■	■	■	■	■	■	■	■	

[١] تم استخدام أكثر من نوع وكان التسجيل على دفتر حقل.

[٢] تم استخدام النوع الموجود في جامعة بوليتكنيك فلسطين.

[٣] وهو آخر اصدار (GIS) موجودة في هذا الوقت

جدول(١-٢): الجدول الزمني لأعمال الفصل الثاني

الأسبوع / النشاط	١	٢	٣	٤	٥	٦	٧	٨	٩	١٠	١١	١٢	١٣	١٤	١٥	١٦
جمع المعلومات																
العمل الميداني																
الرسم بالكمبيوتر																
الفحوصات الإنشائية																
تعداد المركبات																
الحسابات الإنشائية																
التصميم الافقي للطريق																
التصميم الرأسي + إشارات مرور																
تصميم شبكة تصريف مياه الامطار																
حساب الكميات																
تجهيز التقرير النهائي																
طباعة وتدقيق المشروع																

الفصل الثاني

الأعمال المساحية والمضلعات(Traversses)

2-1 الأعمال المساحية

2-1-1 مقدمة

2-1-2 دراسة الخرائط

2-1-3 المساحة الاستطلاعية الأولية

2-1-4 المسح الابتدائي الأولي

2-1-5 الأعمال المساحية النهائية

2-2 المضلعات (Traversses)

2-2-1 المقدمة

2-2-2 أنواع المضلعات

2-2-3 القراءات

2-2-4 حساب الإحداثيات الابتدائية للنقاط قبل التصحيح

2-2-5 تصحيح الأخطاء في المضلع

2-2-6 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات

2-2-7 النتائج

٢-١ الأعمال المساحية :

2-1-1 مقدمة

عند القيام بتصميم طريق، لابد من دراسة الطريق وأهميتها وحجم السير فيها ، ودارسة الأهداف والغايات من اعادة تأهيل هذه الطريق وما تعود به من نفع على المناطق المحيطة بها والمناطق المجاورة لها ، لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور تصميمية عدة ومنها المسارب والاتجاهات والتقاطعات والانعطافات و تحديد سرعة السيارات عليها وأنصاف أقطار منحنياتها الأفقية وأطوال منحنياتها الرأسية وميول سطحها و يجب اخذها بعين الإعتبار أثناء تصميم الطريق.

وبعد ذلك لا بد من القيام أعمال مساحية متعددة، و دراسة للمنطقة على الواقع وعمل مسح تفصيلي على الأرض ومن ثم تثبيت محور الطريق النهائي على الأرض وعمل مسح مناسيب طولية و عرضية وعمل التصميم الراسي و الأفقي للطريق ومن ثم القيام بالمسح الإنشائي حتى يكتمل تصميم الطريق أفقيا و راسيا .

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

- **دراسة المخططات**
- **أعمال استطلاعية (استكشافية)**
- **أعمال مساحية أولية**
- **المسح التثبيتي**
- **المسح الإنشائي**
- **الاعمال المساحية النهائي**

2-1-2 دراسة الخرائط

من خلال الخرائط يمكن وضع وتحديد مسار الطريق وتحديد موقعه على الخرائط مع مراعاة ضرورة الرجوع إلى الطبيعة وذلك للتعرف على الشكل الواقعي والفعلي للطريق.

2-1-3 المساحة الإستطلاعية الاولية

تجري الاعمال الاستطلاعية الأولية للطريق بالقيام بجولات استطلاعية للطريق المراد العمل عليه ،من قبل فريق العمل وذلك لمعرفة الاهمية الاقتصادية للطريق والخدمات التي يوفرها أو يساهم في تطويرها ، وكذلك لمعرفة الميول التي سيمر منها الطريق بالإضافة الى المعلومات الفنية يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة ،إضافة الى دراسة العوائق والمشاكل على الطريق والتي تعيق عملية الطريق وعملية التصميم ومعرفة وتصميم المنشأت الازمة لتصريف مياه الامطار والمياه السطحية ونوع طبيعة التربة والاسفلت في الموقع من تشققات ونهيار الإسفلت .[1]

4-1-2 المسح الابتدائي الأولي

في عملية المسح الإبتدائي الأولي نقوم بـ:

- عمل مضلع للطريق، يبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتين الإحداثيات.
- دراسة العوائق على الطريق والتي تعيق عملية التصميم.
- عمل مسح مبدئي للطريق المختارة بعد عملية الاستطلاع.
- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل حيث تم عمل الرفع التفصيلي لجزء من الطريق بواسطة جهاز المحطة الشاملة .
- عمل دراسة اقتصادية اللازمة لمسارات الطريق ، ومن ثم اختيار المسار النهائي للطريق.[1]

5-1-2 الاعمال المساحية النهائية

بعد القيام بجميع الأعمال المساحية اللازمة في مرحلة التصميم يتم رسم المقاطع العرضية لدراسة وحساب كميات الحفر والدرم ويتم إنجازالمخططات الأولية حتى يصبح بوسع الفريق المصمم من إستخدام هذه المخططات والمعلومات المساحية المختلفة في دراسة مختلف المسارات الممكنة بهدف إختيار المسار الأمثل و الأفضل.

٢-٢ المضلعات (Traverses)

1-2-2 المقدمة

المضلع هو عبارة عن مجموعة خطوط متصلة يبعضها البعض حيث تبدأ من نقطتين معلومتين وتشكل بمجموعها خطاً متكسراً يأخذ أشكال مختلفة ومسميات متعددة كالمغلق (Closed) والمفتوح (Open) والرابط (Connecting) والحلقي (Loop) وغير ذلك .

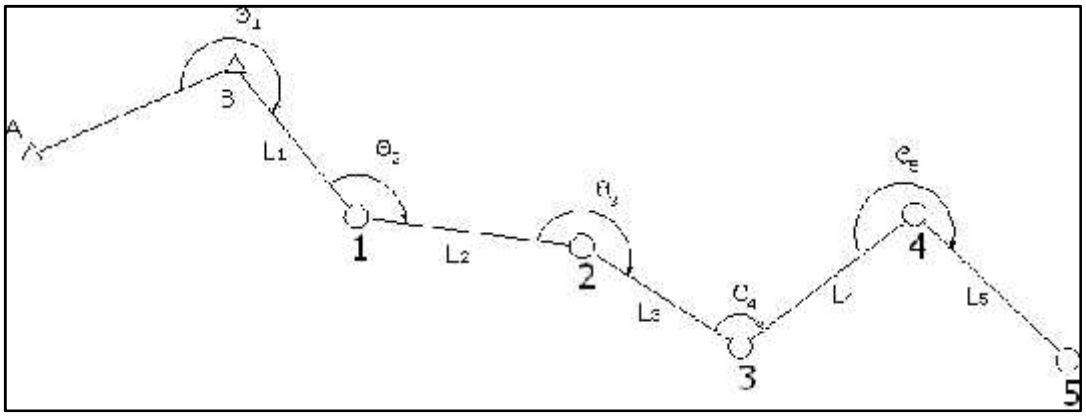
حيث تتفرع هذه الخطوط من نقاط معلومة (نقط شبكة المثلثات العامة) ويتم قياس المسافة والزاوية الأفقية بين المحطات وتمتد باتجاهات مختلفة للإحاطة بالمباني و الطرق والساحات أو أي معلم.

إن الهدف الرئيسي من عمل المضلع هو تعيين محطات جديدة للقيام بعملية الرفع أو الرصد انطلاقاً من نقاط معلومة قد تكون نقاط من شبكات المثلثات أو نقاط يتم وضعها بواسطة جهاز (GPS).

2-2-2 أنواع المضلعات

1-2-2-2 المضلع المفتوح (Open Traverses)

يطلق هذا الاسم على كل مضلع غير مغلق للشكل(أو الأضلاع)حيث يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بنقطتين أخريين غير معلومتي الإحداثيات كما هو موضح في الشكل (٢-١).



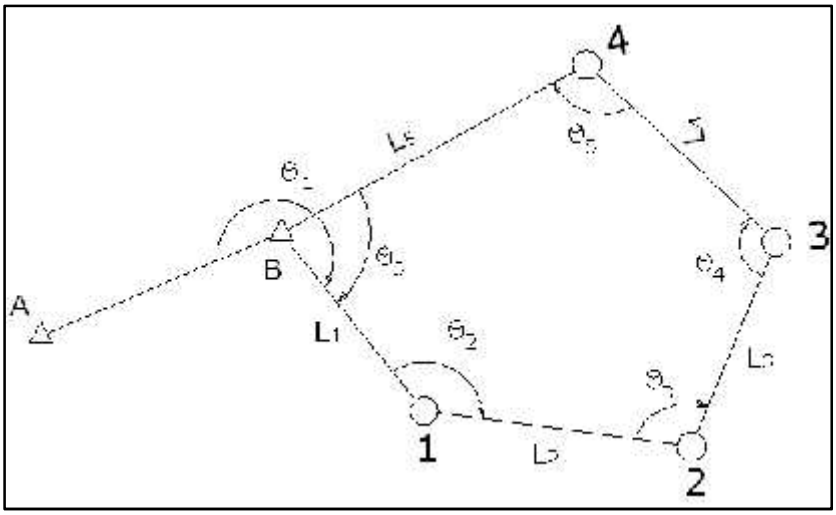
شكل رقم(2-١) (Link traverse)

2-2-2-2 المضلع المغلق (Closed Traverses)

هذا النوع من المضلعات ، يكون المضلع مغلقاً من حيث عدد الأضلاع أو الشكل الخارجي ، حيث يبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتين الإحداثيات.

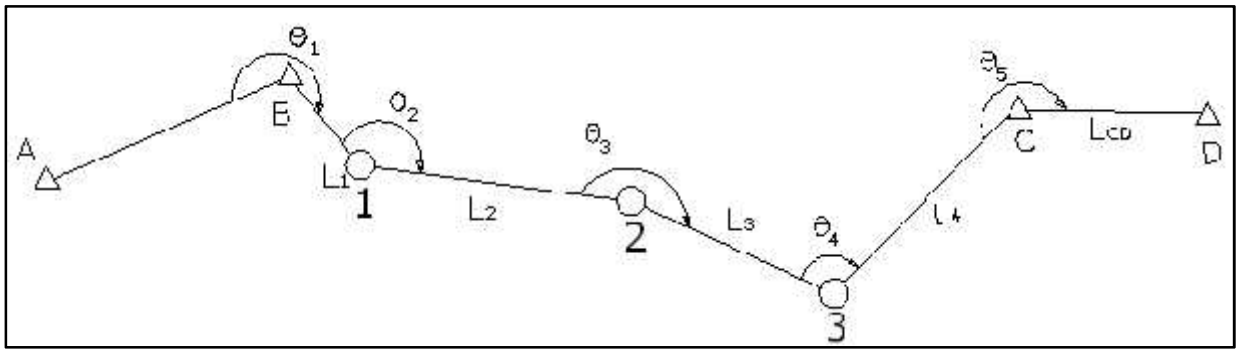
وهو نوعين :

1.إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنفس النقطتين يسمى المضلع المغلق (closed loop traverse) كما في الشكل (٢-٢).



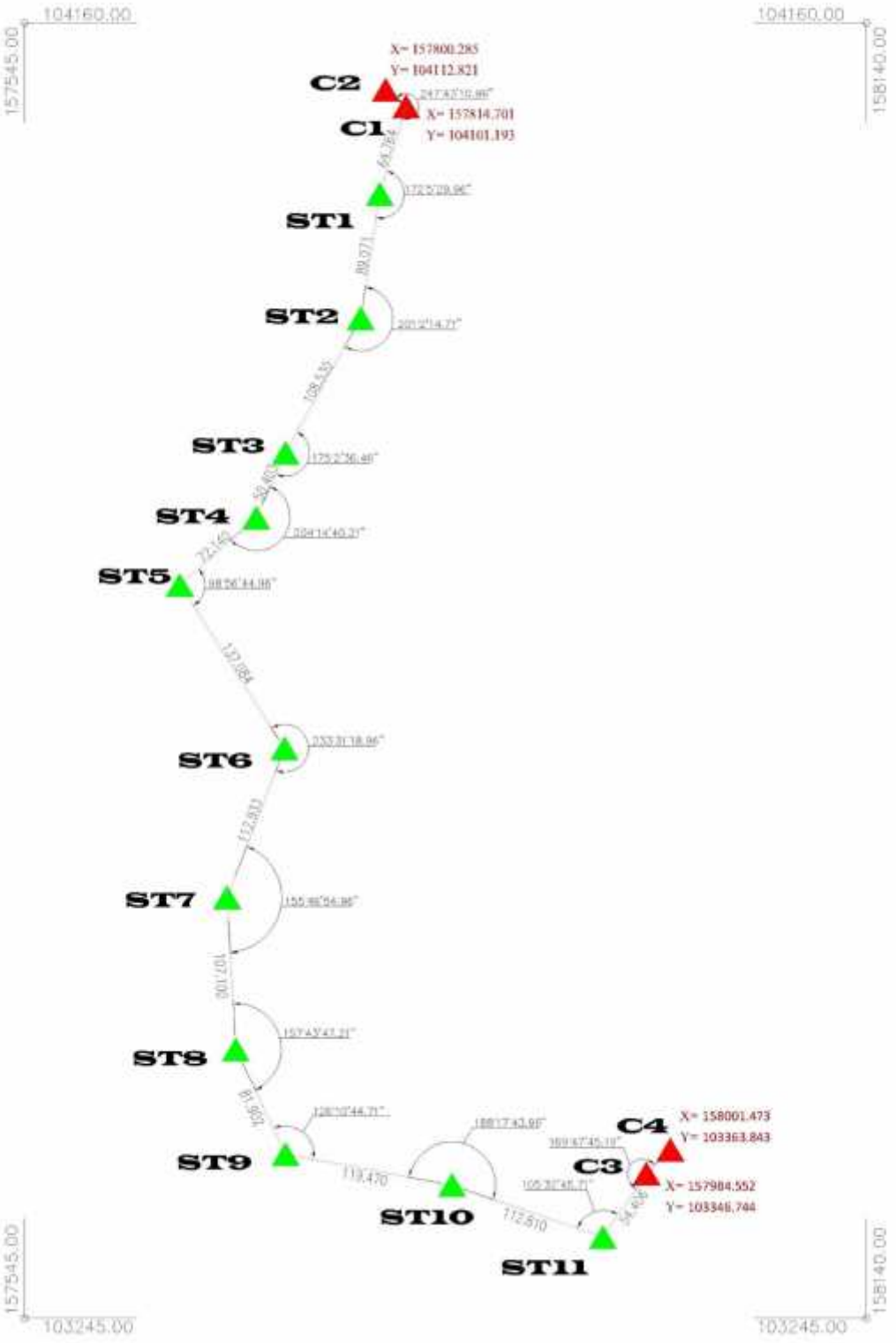
شكل رقم (2-2) المضلع المغلق (closed loop traverse)

2. إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وانتهى بنقطتين جديدتين معلومات الإحداثيات أيضا يسمى المضلع المغلق (Closed traverses or link traverses) وهو موضح في الشكل (٢-٣)، وهذا النوع الذي قمنا باستخدامه في هذا المشروع.



شكل رقم (2-3)المضلع المغلق (Closed traverse)

والشكل (٢-٤) يبين شكل المضلع الذي حصلنا عليه حيث يبين توزيع المحطات على طول الطريق:



شكل رقم (٢-٤)شكل المضلع الأسلسي في المشروع (Reference traverse)

3-2-2 القراءات

الجدول (٢-١) يظهر معدل القراءات التي تم رصدها في الميدان حيث تم رصد الزاوية الأفقية والمسافة الأفقية لكل محطة أربع مرات لكل مسافة وزاوية:

جدول (2-1) القراءات التي تم رصدها في الميدان لحساب إحداثيات المحطات

From	To	Horizontal. Angle(θ)			Horizontal .D
C2	C1	0	0’	0”	
C2	St 1	247°	43’	6.25”	64.764
St 1	C1	0°	0’	0”	
C1	St 2	172°	5’	25.25”	89.71
St 2	St 1	0°	0’	0”	
St 1	St 3	200°	30’	20”	108.530
St 3	St 2	0°	0’	0”	
St 2	St 4	175°	2’	31.75”	50.403
St 4	St 3	0°	0’	0”	
St 3	St 5	204°	14’	35.5”	72.140
st5	St 4	0°	0’	0”	
st4	St 6	98°	56’	40.25”	137.084
St 6	St 5	0°	0’	0”	
St 5	St 7	233°	31’	14.25”	112.933
St 7	St 6	0°	0’	0”	
St 6	St 8	155°	46’	50.25”	107.100
St 8	St 7	0°	0’	0”	
St 7	St 9	157°	43’	42.5”	81.902
St 9	St 8	0°	0’	0”	
St 8	St 10	126°	10’	40”	119.550
St 10	St 9	0°	0’	0”	
St 9	St 11	188°	17’	39.25”	112.800
St 11	St 10	0°	0’	0”	
St 10	C3	105°	32’	41”	54.406
C3	C4	0°	0’	0”	
St 11	C4	190°	12’	52.75”	24.061

4-2-2 حساب الإحداثيات الابتدائية للطلاقل التصحيح:

يتم حساب الانحراف للخطوط بناءا على العلاقة (٢.١):

$$AZ(c1-c2)=\tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N}+C \quad \text{.....(2.1)}$$

Example:

$$Az(c2-c1)=\tan^{-1}\frac{157814.701-157800.285}{104101.193-104112.821}=\tan^{-1}\frac{14.41599}{-11.6279}=128^{\circ}53'23.2''$$

بعد حساب الانحراف لكل خط يتم حساب الإحداثيات غير المصححة لكل نقطة بناءا على العلاقات (٢.٢)و(٢.٣)و(٢.٤)و(٢.٥).

Δ Easting (st 1) = Horizontal Distance (c1-st 1) × Sin (azimuth (c1-st 1))…….. (2.2)

Δ Northing (st 1) = Horizontal Distance (c1-st 1) × Cos (azimuth (c1-st) …….. (2.3)

Easting (st 1) = Easting (c1) + Δ Easting (st1)…….... (2.4)

Northing (st 1) =Northing (c1) + Δ Northing (st1)…..…….…. (2.5)

Example for Station 1: -

Δ Easting =64.764 ×sin (196 36 34.2) = -18.512

Δ Northing = 64.764 ×cos (196 36 34.2) = -62.061

Easting = 157814.701+ -18.512= 157796.188 m

Northing = 104101.193+ -62.061=104039.131m

لقد تم حساب الإحداثيات غير المصححة باستخدام المعادلات الموضحة أعلاه كما هو موضح في الجدول (٢-٢)

جدول (٢-٢) الإحداثيات غير المصححة

St. number	Easting	Northing
1	157796.1884	104039.131
2	157782.7137	103951.085
3	157729.753	103856.35
4	157709.0504	103810.399
5	157655.0102	103762.610
6	157728.7828	103647.069
7	157688.378	103541.611
8	157694.4579	103434.684
9	157729.7493	103360.776
10	157847.1596	103338.687
11	157953.8555	103302.053

لقد تم تصحيح المضلع بناءا على إحداثيات معلومة و صحيحة تم أخذها من GPS والجدول(2-3) يبين هذه الإحداثيات :

جدول (٢-٣) إحداثيات النقاط المأخوذة بواسطة GPS

Station #	Easting	Northing
c1	157814.701	104101.193
c2	157800.285	104112.821
c3	157984.553	103346.745
c4	158001.481	103363.844

5-2-2 تصحيح الأخطاء للمضلع (Reduction of Errors)

هناك العديد من أنواع الأخطاء منها[13] :

٢-٢-٥-١ خطأ عدم تمركز جهاز الرصد

وهو عبارة عن عدم تمركز جهاز القياس تماما فوق محطة الرصد، في كل محطة يجب عمل تسامت للجهاز وهذا التسامت يمكن أن يحتوي على خطا في تحديد موقع مركز الجهاز، وهذا الخطأ يعتمد على نوعية الجهاز وعلى نوعية حامل الجهاز ووضوح الرؤيا للتسامت وعلى دقة التسامت وعلى مهارة الرصد، حيث أن الجهاز المستخدم في عملية الرصد هو جهاز المحطة الشاملة من نوع (Total Station Lieca TC605) وقيم الأخطاء في هذا الجهاز هي كالتالي:

١. الخطأ في الزاوية angular error = 5" .

٢. الخطأ في المسافة distance error = ±3 mm + 2ppm .

٢-٢-٥-٢ خطا عدم تمركز العاكس .

وينشأ هذا الخطأ عن عدم تمركز العاكس تماماً فوق المحطة المرصودة، فعند وضع العاكس على النقطة المرصودة بالضبط وتكون فقاعة العاكس الأفقية مضبوطة فهذا يدل على انطباق خطوط الشاقول مع مركز العاكس وبذلك، يمكن تجنب خطا عدم تمركز العاكس،حيث يعتبر خطأ عدم تمركز العاكس أخطر أنواع الأخطار .

٢-٢-٥-٣ أخطاء التوجيه (Target Centering) .

وهذه الأخطاء ناجمة عن وضع العاكس بشكل غير قائم , ويقدر هذا الخطأ بقيمة 1 ملم .

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

$$3mm + 2ppm = a, b$$

٢-٢-٥-٤ الأخطاء في المسافات (Error in Distances) .

يتم حساب الأخطاء في المسافات بناءا على العلاقة (٢.٦):

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(٢.٦)}$$

حيث أن:

$\pm_D$: الخطأ في المسافة المقاسة.

$\pm_i$: الخطأ في ضبط الجهاز .

$\pm_t$: الخطأ في وضعية العاكس .

a,b: معاملات الجهاز .

مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسة ما بين المحطة(١-٢)=m ٦٤.٧٦٤

$$\pm_D = \sqrt{(\pm_i)^2 + (\pm_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2} \quad \text{.....(٢.٧)}$$

$$\pm_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (64.764 \times 0.000002)^2} = 0.00412m$$

معدل المسافات المقروءة بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة موضحة في الجدول (٢-4).

جدول (٢-4) معدل المسافات المقروءة بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة

Line	Distance(m)	$\pm_D(m)$
C1-st1	64.764	0.004125
St1 – st2	89.071	0.004127
St2 – st3	108.530	0.004128
St3 – st4	50.403	0.004124
St4 – st5	72.140	0.004126
St5 – st6	137.084	0.004132
St6 – st7	112.933	0.004129
St7 – st8	107.100	0.004129
St8 – st9	81.902	0.004126
St9 – st10	119.550	0.00413
St11 – c3	112.800	0.00413

والجدول (٢-5) يبين قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية :

جدول رقم(٢-5) قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية [2]

	Allowable error	
	Important area (example : urban area)	Less important area (Example : rural area)
Measured distance	L= .0005l +.03 m	ΔL = .0007l +.03m
Measured angles	Δ	Δ=90"$\sqrt{n}$
Closer error	Δ = 60"$\sqrt{n}$	€ =.0009 $\sum l$+.20m
	€ = .0006$\sum l$ + .20m	
Where L= measured length, Δ= angle closure error in second n=number of measured angles,		

٢-٥-٢-٥ 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) .
- مهارة الراصد الذي يعمل على الجهاز (The Skill of the Observer).

٢-٥-٢-٦ الأخطاء في قياس الزوايا :

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

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

والخطأ الناتج عنهما من الممكن حسابه وفق العلاقة (٢.٨):

$$\pm_{pr} = \frac{2\pm_{DIN}}{\sqrt{n}} \quad \text{.....(٢.٨)}$$

حيث أن:

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

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

n : عدد مرات التكرار .

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي $\pm_{\sim pr}$:

$$\pm_{\sim pr} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{4}} = \pm 5 \quad \text{.....(٢.٩)}$$

٢-٢-٦ تصحيح الأخطاء في الإحداثيات :

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها:

1) Least Square Method. (By Adjust program).

2) Bowditch Method.

لقد قمنا بتصحيح المضلع يدويا باستخدام الطريقة الثانية (Bow ditch Rule) موضحة بالتفصيل في الملحق رقم (١)، ثم استخدمنا أحد البرامج المساحية لتصحيح الأخطاء وهو (Adjust) والذي يعتمد على الطريقة الأولى في التصحيح وذلك لأنها أكثر دقة من غيرها ،وتصحح كل إحداثي حسب الخطأ الموجود فيه , وتعطي معلومات عن مدى الدقة في المضلع.

٢-٢-٦-١ Least Square Method

المعادلة الرئيسية :

$$X = (A^T A)^{-1} A^T L \quad \text{.....(2.10)}$$

حيث أن: -

X: Unknown matrix

A: Jacobean matrix

L: Observation matrix

V: Variance matrix

والصيغ الموضحة في المعادلة (٢.١٠) عبارة عن المصفوفات العامة لهذه الطريقة وقد تم تحديد صيغ المشتقات والرتب للمصفوفات بناءا على القراءات التي تم رصدها في الميدان و المجاهل المراد حسابها (إحداثيات المحطات): -

The Jacobean Matrix A:[1]

$$A = \begin{bmatrix} \frac{\partial F_1}{\partial dx_1} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_1} & \frac{\partial F_1}{\partial dx_2} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_2} & \cdots\cdots\cdots & \frac{\partial F_1}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_1}{\partial dy_{11}} \\ \frac{\partial F_2}{\partial dx_1} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_1} & \frac{\partial F_2}{\partial dx_2} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_2} & \cdots\cdots\cdots & \frac{\partial F_2}{\partial dx_{11}} & \frac{\partial F_2}{\partial dy_{11}} \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ \vdots & & & & & & \\ (\frac{\partial F_{24}}{\partial dx_1}) & (\frac{\partial F_{24}}{\partial dy_1}) & (\frac{\partial F_{24}}{\partial dx_2}) & (\frac{\partial F_{24}}{\partial dy_2}) & \cdots\cdots\cdots & (\frac{\partial F_{24}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{24}}{\partial dy_{11}}) \\ (\frac{\partial F_{25}}{\partial dx_1}) & (\frac{\partial F_{25}}{\partial dy_1}) & (\frac{\partial F_{25}}{\partial dx_2}) & (\frac{\partial F_{25}}{\partial dy_2}) & \cdots\cdots\cdots & (\frac{\partial F_{25}}{\partial dx_{11}}) & (\frac{\partial F_{25}}{\partial dy_{11}}) \end{bmatrix}_{25*22}$$

Distance observation equation ٢-6-2-2

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) + V = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2} \quad \text{.....(2.11)}$$

Linearization:

Taking the derivatives of last equation:

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

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

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

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

Angle observation equation 3-6-2-2

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

$$^{-}+V = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D \quad \text{..... (2.12)}$$

Taking the derivatives of the last equation:

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

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

The Observation Matrix L:

$$L = \begin{bmatrix} F_1 - F_{1_0} \\ F_2 - F_{2_0} \\ F_3 - F_{3_0} \\ F_4 - F_{4_0} \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ F_{25} - F_{25_0} \end{bmatrix}_{25\times 1}$$

The Unknowns Matrix X:

$$X = \begin{bmatrix} dx_3 \\ dy_3 \\ dx_4 \\ dy_4 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ dx_{11} \\ dy_{11} \end{bmatrix}_{22\times 1}$$

The Variance Matrix V:

$$V = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ \vdots \\ v_{24} \\ v_{25} \end{bmatrix}_{25\times 1}$$

ولقد تم استخدام الإحداثيات غير المصححة كقيم ابتدائية في عملية الحل (X_0 , Y_0):

$$X = X_0 + dx$$
$$Y = Y_0 + dy \quad \text{.....(2.13)}$$

٢-٢-٧ النتائج :

قيم الأخطاء الناتجة :

Angular error = 0° 01′ 01.24"

من المعروف أن نسبة الخطأ المقبولة في نظام دائرة المساحة في فلسطين داخل المدن هي :

60*√ (n) حسب جدول رقم (٢-٤).

فتكون نسبة الخطأ المسموحة في مشروعنا = 00° 03’ 36.33” .

و يظهر أن الـ(Angular error) اقل من ذلك ونسبة الخطأ مقبولة.

بعد إجراء الحسابات على طريقة (least square) باستخدام برنامج (Adjust)بالاعتماد على الفصل (٢-٢-٦-١)و(٢-٢-٦-٢)و(٢-٢-٦-٣) كانت النتائج النهائية للإحداثيات كما هو في الجدول (٢-٦) والقراءات المصححة بالاعتماد على الإحداثيات المصححة موضحة في الجدول (٢-٧)و(٢-٨).

جدول (٢-٦) الإحداثيات المصححة ومقدار الدقة في كل منها

Station	Easting (m)	Northing (m)	Std.Dev. Nth	Std.Dev.Est
1	١٥٧,٧٩٦.١٨٢٣	١٠٤,٠٣٩.١٢٥٤	٠.٠١٦٥	٠.٠١١٦
2	١٥٧,٧٨٢.٧٠٠٢	١٠٣,٩٥١.٠٧٣٨	٠.٠٢٢٧	٠.٠٢٠٨
3	١٥٧,٧٢٩.٧٢٨٦	١٠٣,٨٥٦.٣٤٢٢	٠.٠٢٦٨	٠.٠٢٩١
4	١٥٧,٧٠٩.٠١٨٥	١٠٣,٨١٠.٣٨٣٨	٠.٠٢٩٩	٠.٠٣٢٠
5	١٥٧,٦٥٤.٩٨٢٢	١٠٣,٧٦٢.٥٨٣٠	٠.٠٣٣٠	٠.٠٣٣٥٦
6	١٥٧,٧٢٨.٧٣٧١	١٠٣,٦٤٧.٠٢٤٣	٠.٠٣٢٢	٠.٠٣١٦
7	١٥٧,٦٨٨.٣٠٨٥	١٠٣,٥٤١.٥٦٩٠	٠.٠٣٤٣	٠.٠٢٩٣
8	١٥٧,٦٩٤.٣٦٣٤	١٠٣,٤٣٤.٦٣٣٣	٠.٠٣٤٥٩	٠.٠٢٧٠
9	١٥٧,٧٢٩.٦٣٧٥	١٠٣,٣٦٠.٧٠٩٨	٠.٠٣١٤	٠.٠٢٦٠
10	١٥٧,٨٤٧.٠٤٢٦	١٠٣,٣٣٨.٥٨٦٦	٠.٠٢١٩	٠.٠٢٠٣
11	١٥٧,٩٥٣.٧٢٩٩	١٠٣,٣٠١.٩٢٠٦	٠.٠١٤٨	٠.٠١٤١

الجدول(٢-٧) المسافات المصححة ومقدار الدقة في كل مسافة

Line	Adjusted Distance (m)	S (m)
C 1 - 1	٦٤.٧٧١٠	٠.٠١٦٤٩
1 – 2	٨٩.٠٧٧٨	٠.٠١٦٩٠
2 - 3	١٠٨.٥٣٦٠	٠.٠١٧٠٤
3 - 4	٥٠.٤٠٩٢	٠.٠١٦٩٦
4 - 5	٧٢.١٤٤٦	٠.٠١٧٢٠
5 – 6	١٣٧.٠٨٩٨	٠.٠١٦٩١
6 – 7	١١٢.٩٣٩٤	٠.٠١٦٩٧
7 – 8	١٠٧.١٠٦٩	٠.٠١٦٨٥
8 -9	٨١.٩٠٨٢	٠.٠١٦٨٧
9 – 10	١١٩.٤٧١٣	٠.٠١٧٢٧
10 – 11	١١٢.٨١١٢	٠.٠١٧٢١
11 - 12	٥٤.٤٠٠١	٠.٠١٧٣٦

جدول(٢-٨) الزوايا المصححة ومقدار الدقة في كل زاوية

From	Station	To	H. angle	S"
c2	C 1	1	247°43’ 11.84"	20.265
C 1	1	2	172°5’ 31.74"	20.426
1	2	3	200°30’ 27.14"	20.559
2	3	4	175°2’ 41.46"	20.493
3	4	5	204°14’ 46.21"	20.390
4	5	6	98°56’ 53.59"	19.989
5	6	7	233°31’ 23.98"	20.336
6	7	8	155°47 ’01.94"	19.834
7	8	9	157°43’ 53.89"	19.554
8	9	10	126°10’ 49.66"	19.580
9	10	11	188°17 ’43.18"	20.099
10	11	c3	105°32’ 39.73"	19.995
11	c3	c4	190°12’ 49.98"	19.995

وما يلي تقرير (Least square) الذي حصلنا عليه من برنامج **ل** (Adjust):

Number of Control Stations = 4

Number of Unknown Stations = 15

Number of Distance observations = 12

Number of Angle observations = 13

Iterations = 3

Redundancies = 3

Reference Variance = ١٧.٧٤٩

Reference so = ±4.٢

Failed to pass X^2 test at 95.0% significance level!

X^2 lower value = 0.22

X^2 upper value = 9.35

تم أرفاق طريقة التصحيح باستخدام Bowditch Rule **في الملحق رقم** (٢).

الفصل الثالث

التصميم الهندسي للطريق

3-1 مقدمة

3-2 أسس عملية التصميم

3-3 العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطرق

3-4 التخطيط الأفقي للطريق

3-5 التخطيط الراسي للطريق

الفصل الثالث

التصميم الهندسي للطريق

٣-١ مقدمة:

يعتبر التصميم الهندسي من أهم مراحل التصميم لأي طريق، حيث أنه تكون هذه المرحلة من التصميم في المكتب وتسير جنبا إلى جنب مع عمليات المسح والعمل الميداني.

تتمثل عملية التصميم الهندسي للطريق في ثلاث أمور رئيسية وهي كالتالي:

١. التصميم الأفقي (Horizontal Alignment).
٢. التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment)
٣. التصميم للطريق هي تصميم المقاطع العرضية للطريق حيث يتم في هذه المرحلة من التصميم تحديد شكل مقاطع الطريق وميولها الجانبية وكذلك بيان سطح الطريق وعرضه.

وكذلك يجب أن يتم اختيار مسار الطريق بدقة وعناية كبيرة لان ذلك سوف ينعكس على تكلفة الإنشاء وتكلفة الصيانة مستقبلا بالإضافة إلى تكلفة تشغيل المركبات المارة عليه. لأنه بمجرد إنشاء الطريق يصعب إدخال أي تعديلات على الطريق وذلك بسبب ارتفاع قيمة الأرض المجاورة. لذلك يجب أن تأخذ في عين الاعتبار قبل اختيار مسار الطريق أمور عدة منها:

- يجب أن يكون مسار الطريق قصيرا ما أمكن وبأقل انحدار ممكن.
- يجب أن تكون تكلفة الإنشاء اقل ما يمكن مع الأخذ في عين الاعتبار تكاليف الصيانة في المستقبل.
- وفي حالة الطرق الجبلية يفضل أن يتساوى الحفر مع الردم قدر الامكان.

وحتى يكون الطريق اقصر ما يمكن يجب أن يكون مستقيما بين نقاطه الحاكمة وهذا لا يمكن تحقيقه في معظم الأحوال لصعوبات كثيرة مثل العوائق الطبيعية والصناعية التي قد تعترض المسار، فمثلا المسار القصير قد تكون انحداراته شديدة وبالتالي يصعب صعوده وخاصة بالنسبة للسيارات الثقيلة. ويجب أن نأخذ في عين الاعتبار أن الطريق الذي يكون تكلفة إنشائه قليلة ليس بالضرورة أن تكون تكلفة صيانته وتكلفة تشغيل العربات قليلة أيضا، لذلك قد نجد أن أكثر الطرق تكلفة في الإنشاء اقلها تكلفة في تشغيل العربات، لذلك ليس من السهل الحصول على جميع المتطلبات المرغوبة للمسار في نفس الوقت[1].

٣-٢ أسس عملية التصميم:

تتوقف أسس التصميم على عوامل كثيرة منها:

٣-٢-١ حجم المرور Traffic volume :

يقاس حجم المرور على أي طريق بعدد المركبات التي تمر بنقطة معية أو محطة على الطريق ويعبر عنها بحجم المرور ، يعتبر حجم المرور من الأمور الرئيسية التي يجب أن تأخذ في الاعتبار عند تصميم الطريق بحيث يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا.

3-2-٢ تركيب المرور (Character of Traffic):

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

3-2-٣ السرعة التصميمية (Design speed):

هي أقصى سرعة مأمونة ومنتظمة يمكن الحصول عليها على قطاع محدد من الطريق تحت أفضل الظروف الخاصة بالطريق والجدول (٣-١) يبين قيم السرعات المرغوبة حسب نوع الطريق.

والظروف أو العوامل التي يكون لها تأثير على السرعة هي الإنحناء وارتفاع الظهر عن البطن ومسافة الرؤية وهذه العوامل يعتبر تأثيرها مباشر على السرعة وهناك عوامل أخرى ليس لها تأثير مباشر على السرعة إنما تؤثر على سرعة المركبة مثل عرض حارة المرور وبعد العوائق الجانبية (لا دخل لها بالتصميم)

ولذلك يجب أخذ هذه العوامل في الاعتبار عند التصميم للطريق حتى لا تتأثر سرعة المركبات بهذه العوامل.

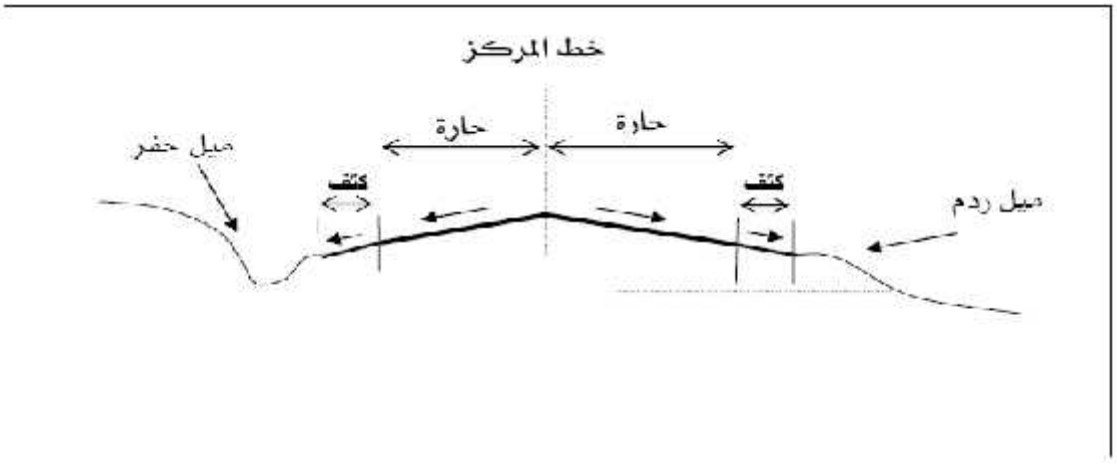
جدول (٣-١) السرعة التصميمية للطرق الحضرية [1]

تصنيف الطريق	السرعة الدنيا	السرعة المرغوبة
طريق محلي (LOCAL)	30	50
طريق تجميعي (COLLECTOR)	50	60
اضطراب ملموس	٥٠	٦٠
أقل اضطراب	70	90
شرياني - علم	٨٠	١٠٠
طـــريق سريع(Expressway)	90	120

ويفضل فرض سرعة تصميمية ثابتة على طول الطريق بالكامل وذلك إذا كانت الطبيعة تسمح بذلك إلا أنه يمكن حسب المناطق التي يمر بها الطريق أن تتغير السرعة التصميمية من قطاع إلى آخر على نفس الطريق ومن الضروري أن تكون أطوال القطاعات كافية بحيث يمكن تغيير السرعة تدريجياً إلى السرعة المطلوبة قبل الوصول إلى القطاع التالي كما يجب توضيح تلك المناطق عن طريق إستخدام علامات تحديد السرعة في المناطق المختلفة وعند المنحنيات.

٣-٢-٤ قطاع الطريق:

إن قطاع الطريق يتمثل في تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق و هذا يتوقف على كيفية الاستفادة من هذا الطريق، فالطريق التي يمر عليها عدد كبير من العربات و بسرعة عالية يتطلب عدد كبير من المسارات و انحدارات طولية خفيفة أو قليلة و كذلك يتطلب أنصاف أقطار كبيرة نسبيا مقارنة مع الطرق التي يمر عليها قليل من المركبات عند سرعات صغيرة ، ففي الحالة الأولى يجب الاهتمام بأكتاف الطريق و عمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور مع تخصيص مسارات إضافية عند مناطق الدوران **والشكل** (٣-١) يوضح شكل عام لمقطع عرضي لطريق.



شكل رقم (٣-١) شكل عام لمقطع عرضي لطريق [3]

٣-٢-٥ الميول الجانبية:

إن آخر مرحلة من مراحل تصميم مقطع جسم الطريق هي عمل الميول الجانبية؛ أي تحديد انحدار (ميلان) جانبي الطريق أي أن هذا الميلان له أثره على النواحي الاقتصادية ويتحكم في انجراف جسم الطريق كما يؤثر على الصيانة وثبات التربة وتصريف المياه.

وكلما كان الميل قليلا كلما كان جسم الطريق أكثر ثباتا، إلا أن ذلك يعني زيادة عرض الطريق بازدياد ارتفاعها لذلك فإننا نلجأ إلى زيادة حدة ميل جانبي الطريق كلما زاد ارتفاع جسم الطريق حتى يبقى العرض الذي تحتله الطريق محصورا ضمن حرم الطريق

جدول (٣-٢) الميول الجانبية للقطاعات حسب نوع التربة [1]

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

٦-٢-٣ عرض الحارة (lane width):

يتحدد عرض الرصف عن طريق عدد حارات المرور وعروضها ولا يوجد بين عناصر الطريق ما هو أكثر أثراً على الأمان وراحة السير من عرض الطريق وحالة سطحه . والحاجة ظاهرة إلى طرق ذات أسطح ناعمة غير زلقة وتلائم جميع الحالات . وتقل السعة الفعلية للطريق حينما توجد عوائق متاخمة للطريق مثل الحوائط الساندة أو سيارة متوقفة ولذا يجب المحافظة على الخلوص الأفقي بين حارات المرور وأي عائق جانبي حتى لا تؤثر بصورة كبيرة على سعة الطريق وبالتالي تؤثر على زيادة الحوادث وتقليل راحة المستخدم . ويعتبر عرض الحارة ٣.٦٥متر مرغوباً و 2.75 متر مقبولاً في المناطق الحضرية ومن الضروري استخدام حارة مرور إضافية عند التقاطعات وعند التقاطعات الحرة لتسهيل حركة المرور .

7-2-3 الأكتاف (Shoulders):

تهيئ **الأكتاف** 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**.

فوائد الأكتاف للطريق :

١. تستخدم لتوقف المركبات بشكل طارئ
٢. شعور السائق بالأمان وحماية السيارات عندما تخرج عن مسارها بسبب السير بسرعات عالية.
٣. تساعد على تصريف المياه عن سطح الطريق.
٤. تستعمل الأكتاف لتوسيع الطريق في المستقبل.
٥. تستعمل الأكتاف لمنع انهيار جسم الطريق كما تصلح لوضع الإشارات عليها.

شكل رقم (٣-٢) أكتاف الطريق

حيث يتراوح عرض الكتف بين 1.25 كحد أدنى والى 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- 3.6م وقد يصل عرض الكتف الى0.٠ متر وذلك في المناطق الجبلية ويعود ذلك الى الكلفة العالية لعملية الحفر بالصخر، و يجب أن تزود الأكتاف بميول عرضيه كافية لتصريف المياه من الطريق، و لكن يجب أن لا يزيد هذا الميل عن الحد الذي قد يسبب خطورة على المركبات التي تتوقف على الطريق، حيث يوجد عدة أنواع من أكتاف الطريق فمنها أكتاف ترابية أو حصوية أو اسفلتيه .

٨-٢-3 الاطاريف:

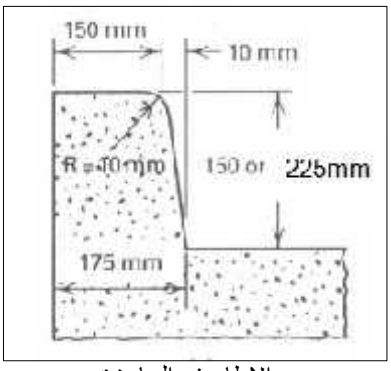
يتأثر السائقين كثيراً بنوع الاطاريف ومواقعها وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به، وتستخدم الاطاريف في تنظيم صرف المياه ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقاط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها خطوة في تجميل جوانب الطرق وتتميز البردورة (الأطاريف) في العرف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

- **الاطاريف الحاجزة :**

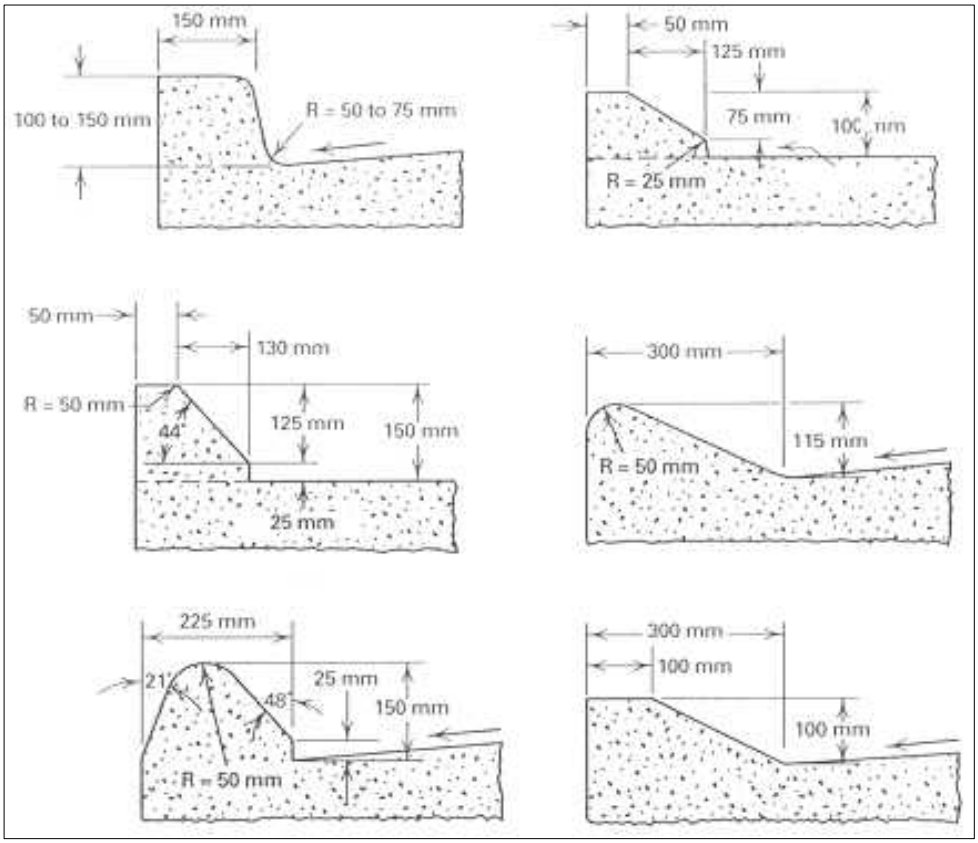
هي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبياً وهي مصممة لمنع السيارات أو على الأقل صرفها عن محاولة الخروج عن الرصف ويختلف ارتفاعها بين (15- 22.5) سم تقريبا ويستحب أن يكون الوجه مائلا ولكن على ألا يزيد ميل الوجه في الغالب عن حوالي 1سم لكل 3سم من الارتفاع وتعمل استدارة للركن العلوي بنصف قطر من 2 إلى 8سم وتستخدم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

- **الاطاريف 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 (3-3) أنواع الاطاريف.



الاطاريف الحاجزة



الاطاريف الغاطسة

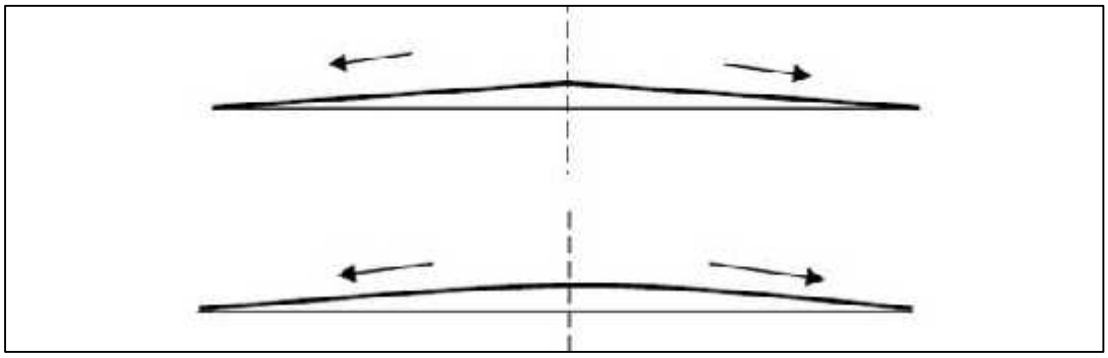
شكل رقم (٣-٣) أنواع الاطاريف الخاصة بالطرق[3]

3-٢-٩ الأرصفة (Sidewalks):

تعتبر أرصفة المشاة جزءاً مكملاً لتصميم الطرق الحضرية، ولكن قلما تعتبر ضرورية في المناطق الخلوية، وعلى العموم فإنه يستحب عمل اطاريف 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 ١.٥متر ويعمل من مواد تعطي مسطحاً ناعماً ومستوياً سليماً،وقطة مهمة هنا يجب الاشارة اليها وهي يجب أن يكون سطح الرصيف الذي يسير المشاة عليه مساوياً في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصف المخصص لطريق السيارات لجذب المشاة للسير عليه.

3-٢-١٠ الميول العرضية(Cross Slopes) :

إن الميول العرضية يتم عملها للطريق من اجل تصريف المياه المتواجدة على سطح الطريق، حيث يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور وبصفة عامة يتم عمل ميل عرضي للرصف بحيث يكون اتجاه الميل إلى أماكن تجميع وتصريف مياه الأمطار. والميول الجانبية الحادة غير مرغوبة في أماكن المماسات في التخطيط الأفقي لما يمكن أن تسببه من تأثير على المركبة وإمكانية انسياقها إلى الحافة الهابطة للطريق .. والميل العرضي حتى ١.٥٪ مقبولٌ حيث لا يلاحظه السائق ولا يؤثر على المركبة .



شكل رقم (٣-٤) الميول العرضية[3]

3-٢-١١ الميول الطولية:

في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب، أما في المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصيف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي (0.5م) على الأقل، و في المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ (0.3م) على الأقل، و هذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري، و يعتبر الميل (0.25%) هو اقل ميل لصرف الإمطار في الاتجاه الطولي للطريق .

3-٢-١٢ الجزر الفاصلة بين الإتجاهين (Medians):

تعتبر الجزر فاصلة تفصل حركة المرور المعاكسة وتكون موجودة في كل الطرق الحديثة خصوصا إذا كانت من أربع حارات أو أكثر وعرض هذه الجزر يجب أن يكون كافيا وذلك لتأدية الغرض الذي وضعت من اجله ومن أهمها تقليل تأثير الأضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا هذا بالإضافة إلى حماية السيارات القادمة من الاتجاه المعاكس من الاصطدام وللتحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات السطحية، ويتراوح عرض الجزيرة من 1 إلى 3.5 مترا أو أكثر، وهذا طبعا ليس بعرض ثابت على طول الطريق وإنما يتغير حسب الحالة أو الضرورة بالإضافة إلى أن منسوب الطريق في الاتجاهين قد يكون مختلفا.

3-٢-١٣ الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية (Guardrail and Guide Posts):

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

- جسور ذات انحدارات شديدة أو على منحنيات حادة.

- التغير المفاجئ في عرض الكتف وفي حالة الاقتراب من المنشآت.
- الطرق الجبلية وخاصة من جهة الانحدار.

وتصمم السياجات والحوائط الواقية بحيث تقاوم الاصطدام عن طريق تحريف اتجاه المركبة بحيث تستمر في سيرها على طول السياج أو الحائط بسرعة منخفضة، ويلاحظ أن الإيقاف الفجائي للسيارة خطأ ، ولذلك فإن أي قائم إرشادي أو سياج أو حائط بارز يتسبب في إيقاف السيارة المتحركة دفعة واحدة ليس مستحباً، بل إن الإيقاف الفجائي قد يكون أشد خطراً من الاستمرار في الحركة على ميول الردم. ويكون تصميم هذا الحاجز لمنع المركبة من الخروج عن الطريق عند الاصطدام بها حيث تمتص الصدمة وتقوم بتوجيه المركبة بمحاذاة الحاجز وبسرعة قليلة.

إن القوائم المرشدة لا يقصد منها في الغالب مقاومة الاصطدام غير أنه إذا ما كان إنشاؤها قوياً بدرجة كافية فإنها تمنع السيارات من الخروج عن الطريق وهي أقل في التكاليف من السياجات الواقية والحوائط الواقية. ولكنها أقل فاعلية منها فيما إذا كان المقصود من تصميمها هو مقاومة الاصطدام. ولما كان هناك كثير من المواقع التي يصعب فيها على السائق أن يتبين اتجاه الطريق لا سيما أثناء الليل لذا تستخدم عادة القوائم المرشدة في مثل تلك الأماكن.

3-٣ العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق:

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

أ- **نقاط يجب أن يمر بها الطريق(إجبارية):** وهذه قد تتسبب في زيادة طول المسار والمرور في مناطق صعبة، ومن أمثلة هذه النقاط: موقع جسر، ممر جبلي ، مدينة متوسطة،...الخ.

ب- **نقاط يجب الابتعاد عنها:** وهذه المناطق يجب أن نبعد مسار الطريق قدر الإمكان عنها مثل مناطق العبادة، المدافن، المنشآت الضخمة عالية التكاليف.

- **حجم المرور:** يجب الأخذ بعين الاعتبار عند تخطيط الطريق حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا، لذلك يجب عمل الدراسات اللازمة لعدد السيارات الحالي ونسبة الزيادة المتوقعة في عدد السيارات في المستقبل بالإضافة إلى تحديد أنواع السيارات المتوقع استخدامها للطريق لما له من أهمية كبيرة لمعرفة في تحديد حجم المرور.
- **التصميم الهندسي للطريق:** من الأمور التي تتحكم في اختيار التصميم النهائي للمسار أسس التصميم الهندسي مثل الانحدارات وأنصاف أقطار المنحنيات ومسافة الرؤية.
- **التكلفة:** يجب أن يراعى عند تصميم واختيار مسار الطريق التكلفة الكلية للمشروع بحيث تكون قليلة ما أمكن ويراعى أن تشمل التكلفة تكلفة الصيانة وتكلفة تشغيل وحدات السير.
- **عوامل أخرى:** ومن العوامل الأخرى التي تحكم التخطيط مثل عمليات الصرف، العوامل السياسية...الخ، ويجب الأخذ في عين الاعتبار عملية الصرف السطحي وكيفية التخلص من المياه عند التصميم الرأسي للمسار، وفي بعض الأحيان قد يتغير تخطيط الطريق حتى لا يمر في ارض أجنبية عندما يمر المسار بالقرب من خط الحدود أو المرور بالقرب من خط التفافي أو مستوطنة كما هو الحال عندنا في فلسطين.

3-٤ التخطيط الأفقي للطريق:

التخطيط الأفقي للطريق (Horizontal Alignment): حيث يتم فيه بيان المنحنيات الأفقية وتحديد بداياتها ونهاياتها وكذلك تحديد أطوالها وزواياها ونقاط التقاطع فيها، بالإضافة لذلك يتم بيان الجزء الوسطي وعرض الطريق والحواجز الجانبية ونقط المضلع المفتوح (PI) وكذلك تحديد اتجاه الطريق بالنسبة للشمال.

٣-٤-١ المنحنيات الأفقية:

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

أنواع المنحنيات الأفقية:-

٣-٤-١-١ المنحنيات الأفقية الدائرية (Circular Curves):

وتنقسم إلى أربعة أقسام رئيسية:

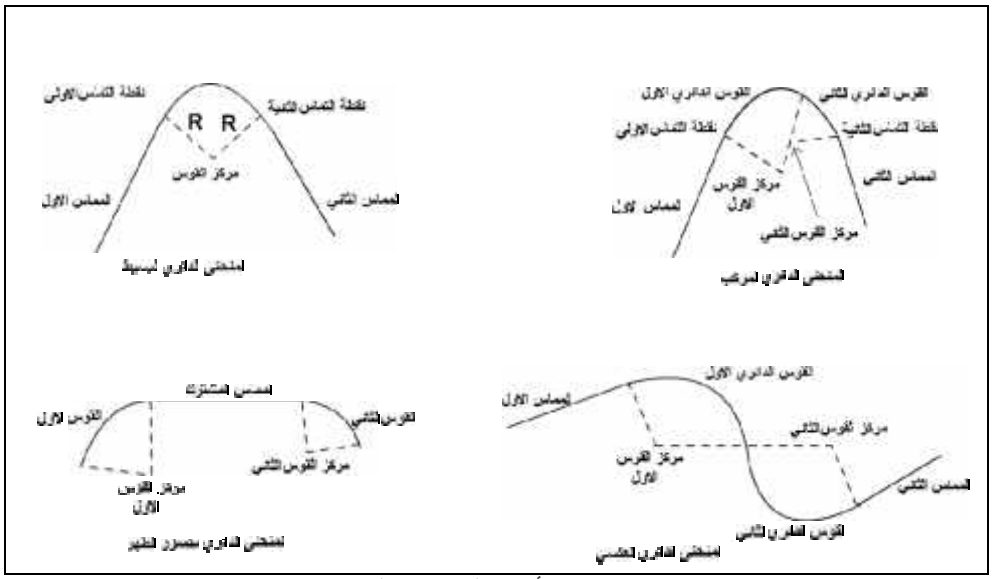
١- المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves.

٢- المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves.

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

٤- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves.

والشكل (٣-٥) يبين أنواع المنحنيات الدائرية .



الشكل (3-5) أنواع المنحنيات الدائرية

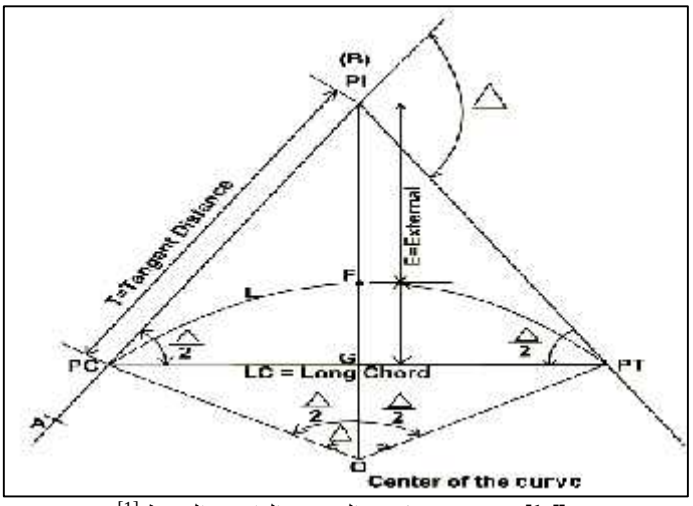
١. المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves

للشكل (٣-٦) يوضح شكل المنحنى الدائري البسيط، حيث انه يتكون من العناصر التالية:-

- نقطة تقاطع المماسين (**PI**)
- زاوية الانحراف (**Δ**) Deflection Angle: وتساوي الزاوية المركزية المنشأ عليها المنحنى الدائري.
- المماسين (**T**) The tow Tangent:

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

- نقطة بداية المنحنى (**PC**) Point of Curvature.
- نقطة نهاية المنحنى (**PT**) Point of Tangency.
- الخط المستقيم الذي يصل بين نقطتي تماس و يطلق عليه الوتر الطويل (**LC**).
- نصف القطر (**R**) Radius.
- طول المنحنى (**L**) Length of curve.
- المسافة الخارجية(**E**),External Distance وهي عبارة عن المسافة بين (**PI**) وبين منتصف المنحنى الدائري.
- سهم القوس(**M**) Middle Ordinate، و هي المسافة بين نقطة منتصف المنحنى وبين نقطة منتصف الوتر الطويل.
- مركز المنحنى ونرمز له (**O**).
- الوتر الجزئي الأول ويرمز له (**C1**)، وهو طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الأولى بأول نقطة على المنحنى حيث يلجأ إلى إعطاء طول للوتر الجزء الأول بحيث تصبح محطة النقطة الأولى من المنحنى رقم مدورا مناسبا يقبل القسمة على 20 أو25.
- الوتر الجزئي الأوسط يرمز له (**C**)، وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل بين أي نقطتين متتاليتين على المنحنى ما عدا الأولى والأخيرة، ويكون طوله في العادة رقما مدورا و مناسبا 10، ٢٠،25 مترا.
- الوتر الجزئي النهائي (**C2**)، وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية بالنقطة التي تسبقها مباشرة، وحيث يكون طوله مكملا لطول المنحنى.
- زاوية الانحراف الجزئية الأولى (**d1**)، وهي عبارة عن الزاوية الوسطية المحصورة بين المماس الأول أو الخلفي و بين الوتر الجزئي الأول وتساوي نصف الزاوية المركزية.
- زاوية الانحراف الجزئية الوسطى(**d**)، وهي الزاوية الأفقية بين أي وتر جزئي أوسط وبين مماس المنحنى الدائري.
- زاوية الانحراف الجزئية النهائية (**d2**)، وهي الزاوية الأفقية المحصورة بين الوتر الجزئي النهائي وبين المماس للمنحنى الدائري في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي النهائي.



الشكل (3-6) عناصر المنحنى الدائري البسيط [1]

❖ معادلات المنحنى الدائري البسيط:

١- طول المماس (T)

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(3-1)}$$

٢- المسافة الخارجية (E)

$$E = R(\sec(\Delta/2)-1) \quad \text{.....(3-2)}$$

٣- سهم القوس (M)

$$M = R(1-\cos(\Delta/2)) \quad \text{……...……..……. (3-3)}$$

٤- الوتر الطويل(LC)

$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....……...…… (3-4)}$$

٥- طول المنحنى (L)

$$L = \frac{® R\Delta}{180} \quad \text{.....(3-5)}$$

٢. <u>المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves</u>

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

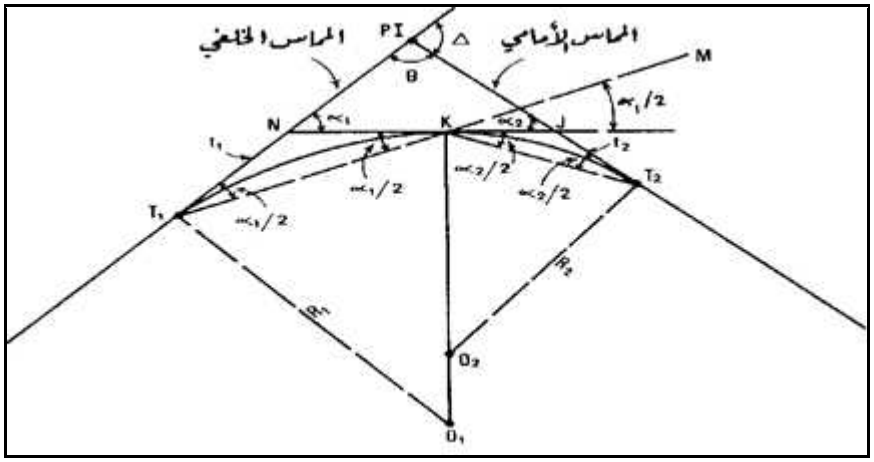
١- أنصاف أقطار هذه المنحنيات الدائرية مختلفة.

٢- المنحنيات متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.

٣- جميع مراكز هذه المنحنيات الدائرية في جهة واحدة.

الشكل (٣-٧) يوضح شكل المنحنى الدائري **المركب**، حيث انه يتكون من العناصر التالية:-

- نقطة تماس المنحنى المركب مع المستقيم **أو المماس الخلفي** (Back Tangent) ويرمز لها بـ T_1،
- نقطة التقاء أو تماس المنحنيين الدائريين المشكلين للمنحنى المركب ويرمز لها بـ K.
- نقطة تماس المنحنى المركب مع المماس الأمامي ويرمز لها بـ T2.
- نقطة تقاطع المماس الخلفي مع المماس المشترك ويرمز لها بـ N
- **نقطة** تقاطع المماس المشترك مع المماس الأمامي ويرمز له بـ J.
- **نقطة تقاطع المماس(الأمامي والخلفي)** ويرمز لها بـ PI.
- مركز المنحنى الدائري الخلفي أو الأيسر ويرمز له بـ O1.
- مركز المنحنى الدائري الأمامي أو الأيمن ويرمز له بـ O_2.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والأمامي ويرمز لها بـ Δ.
- زاوية انحراف المماسين الخلفي والمشترك ويرمز لها بـ α_1.
- الطول المشارك مع المماس ويرمز له بـ (t_1) وهو يساويNK.
- الطول المشارك من المماس الأمامي مع المماس المشترك ويرمز له بـ (t_2) وهو يساوي JK.
- **نصف قطر المنحنى الأول أو** الأيسر ونرمز له بـ R_1.
- **نصف قطر** المنحنى الثاني أو الأيمن R_2.



الشكل (٣-٧) **عناصر المنحنى الدائري المركب**

٣-١-٤-٣ المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية Transitions Curve.

نظراً للتطور الكبير في صناعة السيارات وزيادة سرعتها في السير على الطريق أصبح ضرورياً استعمال المنحنيات الانتقالية وذلك للأسباب التالية :

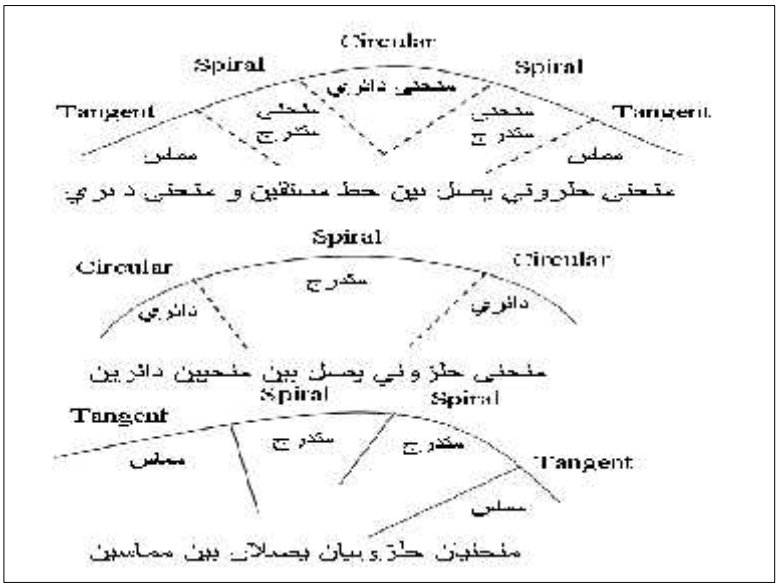
١. يمتاز المنحنى الانتقالي بالتغير التدريجي في الانحناء من قيمته الابتدائية وهي صفر عند الخط المستقيم إلى القيمة النهائية وهي (Rc/4)عند بداية المنحنى الدائري ، وحيث أن القوة الطاردة المركزية تتناسب مع الانحناء فيكون تأثيرها تدريجياً كذلك على السيارة وبذلك لا تضطر السيارة إلى الخروج عن الخط الواجب السير فيه وهو محور الحارة أو الطريق.
٢. يحقق تخطيط أفضل ومسافة رؤية أحسن وذلك بسبب التغير التدريجي للانحناء.

٣. يتم تنفيذ ارتفاع الظهر عن البطن تدريجياً كذلك على طول المنحنى لحفظ توازن السيارة في سيرها على الطريق.

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

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

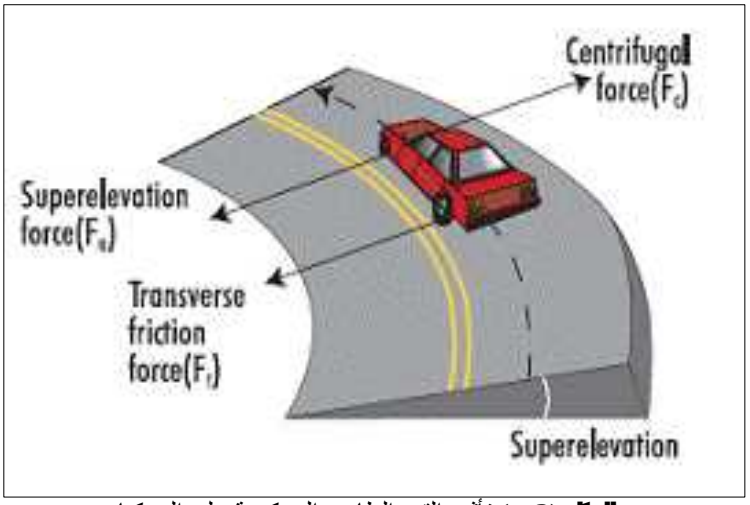
والشكل (٣-٨) يوضح شكل المنحى الإنتقالي أو الحلزوني .



الشكل (3-٨) المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية

٣-٤-٢ القوة الطاردة المركزية:

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر. ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي ،كما في الشكل (٣-٩) .



الشكل(3-٩) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات

والمعادلة (٦-٣) توضح قيمة القوة الطاردة المركزية بالاعتماد على عده عوامل .

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(3-6)}$$

حيث أن:

p : القوة الطاردة المركزية.

m : **كتلة المركبة**.

R : **نصف قطر المنحنى**.

v :**سرعة المركبة**.

يمكن كتابة العلاقات الرياضية **كما في المعادلة** (٧-٣):

$$\tan\sim = P_1 = \left(\frac{mv^2}{r}\right)/(mg) = \frac{v^2}{gr} \quad \text{.....(3-7)}$$

حيث أن:

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه

P_1 : الميل العرضاني لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بـ**المنحنى المتدرج**

α : الزاوية الراسية

لفرض أن $C = \frac{1}{g}$

لتصبح المعادلة(٧-٣) **كالتالي:**

$$P = \frac{C.v^2}{R}$$
$$C = \frac{P.R}{v^2} \quad \text{.....(3-8)}$$

٣-٤-٣ ارتفاع الظهر عن البطن (Super elevation):

في حالة حركة السيارة على طريق منحنى أفقياً يتم عمل رفع جانبي للطريق Super elevation بدرجة كافية لإيجاد مركبة قوة جانبية لتعادل مركبة القوة الطاردة المركزية الناتجة من الحركة على منحنى ولإيجاد أقل نصف قطر لمنحنى أفقي تستخدم المعادلة رقم (12-3) .وقيمة هذا الميل العرضاني تتراوح من ٤% - ٧% وقد تصل إلى ٩% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله.

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات (٣-٩):

$$e+f=\frac{(0.75\times v)^2}{127\times R} \quad \text{.....(3-9)}$$

حيث أن:

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

v: هي سرعة المركبة ب كم/ ساعة، و هنا ضربنا السرعة ب 0.75 بسبب أن الطريق مختلطا (تسير عليه جميع أنواع المركبات).

e: أقصى معدل رفع جانبي بالمتر (ارتفاع ظهر المنحنى).

f: هي معامل الاحتكاك الجانبي، وأقصى 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، ونحسب السرعة حسب المعادلة (٣-١٠):

$$V=\sqrt{[127R(e\max+f\max)]} \quad \text{.....(3-10)}$$

تتراوح قيمة معامل الاحتكاك الجانبي القصوى حسب السرعات المختلفة وذلك بناء على الجدول (٣-٣):

جدول (٣-٣) قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية[3]

السرعة التصميمية كم/ساعة	معامل الاحتكاك (F)
٣٠	0.17
٤٠	0.17
٥٠	0.16
٦٠	0.15
٧٠	0.14
٨٠	0.14
٩٠	0.13
١٠٠	0.12
١١٠	0.11
١٢٠	0.09

الحد الأقصى لمعدل ارتفاع ظهر المنحنى في حالة المرور المختلط يؤخذ عادة ١: ١٥ (٠,٠٦٧ لكل متر) كما أن الحد الأدنى يجب أن لا يقل عن الميل العرضي اللازم لصرف مياه الأمطار والجدول (٣-٤) يوضح ذلك.

جدول (٣-٤) قيم الرفع الجانبي المرغوبة لعدة طرق مختلفة[1]

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

الجدول (٣-٥) أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميمية ودرجة الرفع الجانبي للطريق والاحتكاك الجانبي[3]

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

٣-٤-٤ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق(Super elevation):

- **الدوران حول محور الطريق(Rotation about the center line)**

هذه الطريقة هي شائعة الاستخدام لتنفيذ ارتفاع الظهر عن البطن، وفيها يبقى منسوب محور الطريق ثابت ويرتفع الحرف الخارجي بمقدار نصف ارتفاع الظهر عن البطن وينخفض الحرف الداخلي بنفس المقدار ومن مميزاتها تساوي كميات الحفر والردم في القطاع العرضي للطريق ، كما وسيتم استخدام هذه الطريق في تصميم المشروع .

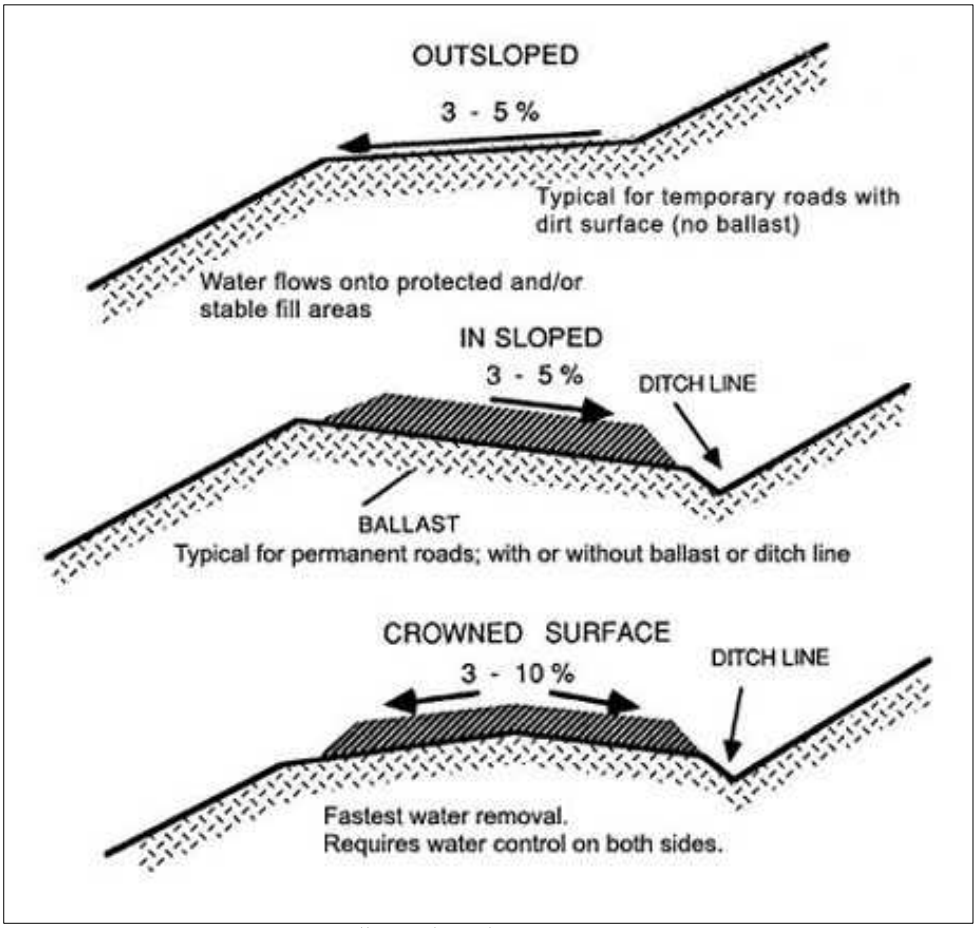
عيوبها : في المناطق المستوية(الميل أقل من ٢%) لا بد من عمل احتياطات لصرف المياه السطحية من جهة الرفع الداخلي للرصف وذلك نتيجة للانخفاض المتكون في هذه الجهة.

- **الدوران حول الحرف الداخلي للطريق(Rotation about inner edge):**

يبقى منسوب الحرف الداخلي ثابت ويتم رفع الحرف الخارجي بمقدار ارتفاع الظهر عن البطن بالكامل وهذه الطريقة تلائم المناطق المستوية للسبب المذكور في الطريقة السابقة.

- **الدوران حول الحرف الخارجي(Rotation about outer edge):**

وفي هذه الطريقة يبقى منسوب الحرف الخارجي ثابت ويتم خفض الحرف الداخلي للرصف بمقدار بمقدار ارتفاع الظهر عن البطن بالكامل، هذه الطريقة تستخدم غالباً في حالة الطرق المتعددة الحارات وذلك لتسهيل عملية الصرف للمياه السطحية.



الشكل (٣-١٠) كيفية الرفع الجانبي للطريق

٣-٤-٥ زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات (التوسعة على المنحنيات):

عادة يجري توسيع عرض الرصيف في منطقة المنحنيات الأفقية لسهولة الحركة والانتقال على المنحنيات وذلك لاختلاف ظروف التشغيل عن الخط المستقيم للأسباب التالية:

١ – السيارة تشغل حيزاً أكبر من الطريق وذلك لأنه في المنحنيات لا تسير العجلات الخلفية للسيارات في نفس مسار العجلات الأمامية إنما تنحرف عنها نحو الداخل وخاصة إذا كانت العربة يتبعها مقطورة.

٢ – من عادة السائقين الابتعاد عن حرف الرصف الداخلي وبالتالي يلزم زيادة عرض الرصف.

١- صعوبة تحكم السائق في القيادة بحيث يتمكن من أن يكون مساره في محور الحارة التي يسير عليها.

وعادة يتم التوسيع عندما يكون نصف قطر المنحنى أقل من ٣٠٠ متر أو درجة المنحنى أكبر من ٥ درجات وذلك للطريق المكون من جارتان فقط. والجدول(٣-٦) يوضح قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر.

الجدول(٣-6) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر

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

لحساب مقدار التوسعة على المنحنيات نطبق العلاقة التالية:

$$w = \left[\left(\frac{nI^2}{2R}\right) + \left(\frac{V}{9.5\sqrt{R}}\right)\right] \quad \text{.....(3-11)}$$

حيث أن:-

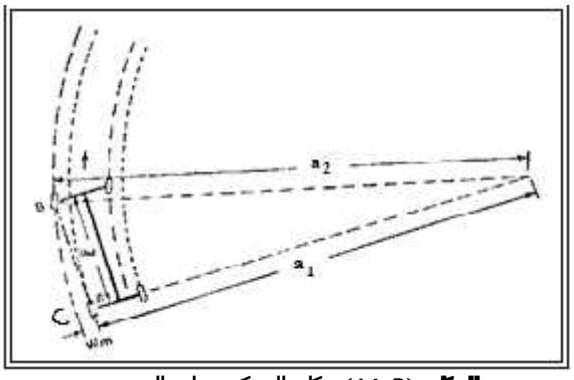
w : زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.

n : عدد الحارات.

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

V : السرعة التصميمية على المنحنى.

R : نصف قطر المنحنى.



الشكل (3-11)شكل المركبة على المنحنى

وهنالك توسعة نتيجة العامل النفسي ومعادلته:

$$w_{ps} = V^2 / 9.5 * \sqrt{r} \quad \text{.....(3-12)}$$

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

V= السرعة التصميمية.

$$We = Wm + Wps \quad \text{.....(3-13)}$$

حيث We = التوسعة الكلية

٣-٥ التخطيط الراسي للطريق:-(Vertical Alignment):

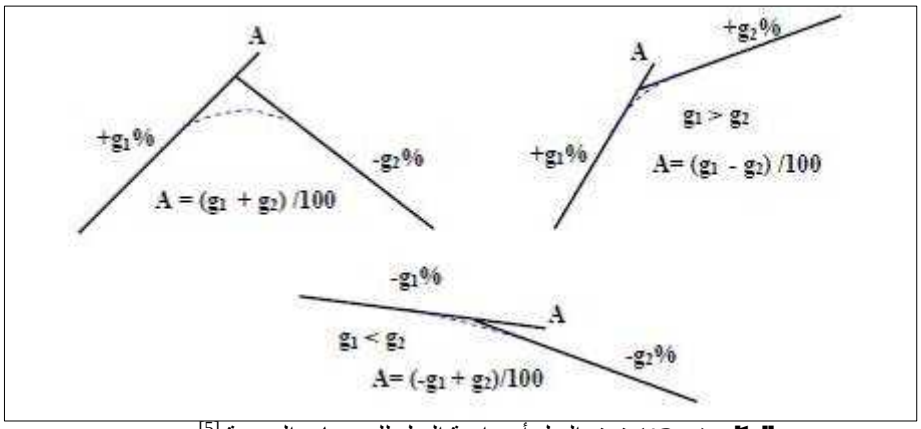
لا يمكن أن ينفذ محور الطريق خط واحد حيث طبوغرافية المنطقة والنقاط الحاطمة الأخرى في تحديد مسار الطريق سواء في الاتجاه الأفقي أو الاتجاه الرأسي وعلى ذلك يتكون محور الطريق من مجموعة من المماسات أو الخطوط المستقيمة والتي يتم ربطها بمنحنيات رأسية في قطاعها الطولي وذلك إذا زاد فرق الميل بين الخطيين المتتابعين عن 0% ، هذه المنحنيات يجب أن تكون سهلة وتوفر دواعي الراحة والآمان وجمال المنظر وأن تعمل على تصريف المياه السطحية أينما وجدت ومن أهم العوامل التي يجب مراعاتها هي أن تحقق مسافة المرئية المطلوبة على أساس السرعة التصميمية.

وبتحديد المحور الرأسي للطريق تتحدد مناسيب الرصفات والمسائل التي تتعلق بالتنفيذ كالحفر والردم والصرف ويلاحظ أن تكاليف الإنشاء تتوقف الى حد كبير على الاختيار الصحيح للقطاع الطولي وهو يكون مرتبطاً بطبيعة المنطقة .

٣-٥-١ أنواع المنحنيات الرأسية :

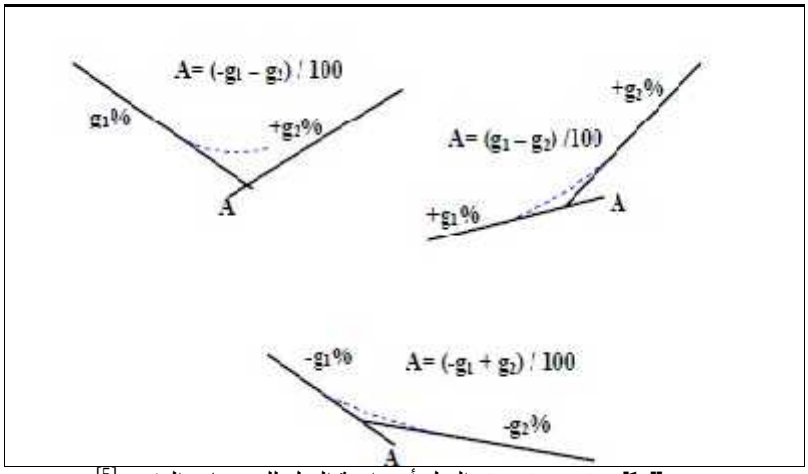
٣-٥-١-١ المنحنيات الرأسية المحدبة(Crest)

ويكون المنحنى محدب إذا كان الفرق الجبري للميول A موجب كما يوضح الشكل (٣-١٢).



الشكل (٣-12) فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المحدبة [5]

٣-٥-١-٢ المنحنيات الرأسية المقعرة(Sag):ويكون المنحنى مقعرإذا كان الفرق الجبري للميول A سالب كما هو في الشكل (٣-١٣).

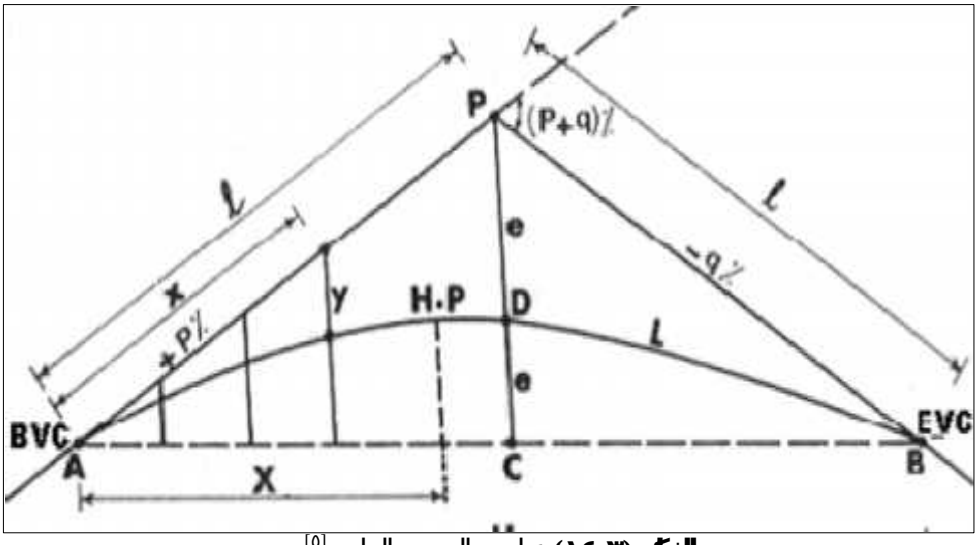


الشكل (٣-13) فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المقعرة[5]

٣-٥-٢ عناصر المنحنى الرأسي:

من الشكل (٣-١٤) فان عناصر المنحنى الرأسي هي كالتالي:

- نسبة الميل = **p & q**
- بداية المنحنى الرأسي = **BVC**
- منسوب نقطة تقاطع الميلين الرأسيين (**Elevation of the PI**)
- محطة نقطة التقاطع (**Stationing of PI**)
- نهاية المنحنى الرأسي = **EVC**
- المسافة الخارجية المتوسطة(متر) = **e**
- طول القطع المكافئ (متر) = **H**
- الطول الأفقي إلى النقطة الأفقية على المنحنى الرأسي = **X**



الشكل (٣-١٤) عناصر المنحنى الرلسي[0]

٣-٥-٣ الميول الرأسية العظمى:

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

١- السرعة التصميمية (Design Speed).

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

٣- طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

والجدول (3-7) قيمة الميول الراسية العظمى

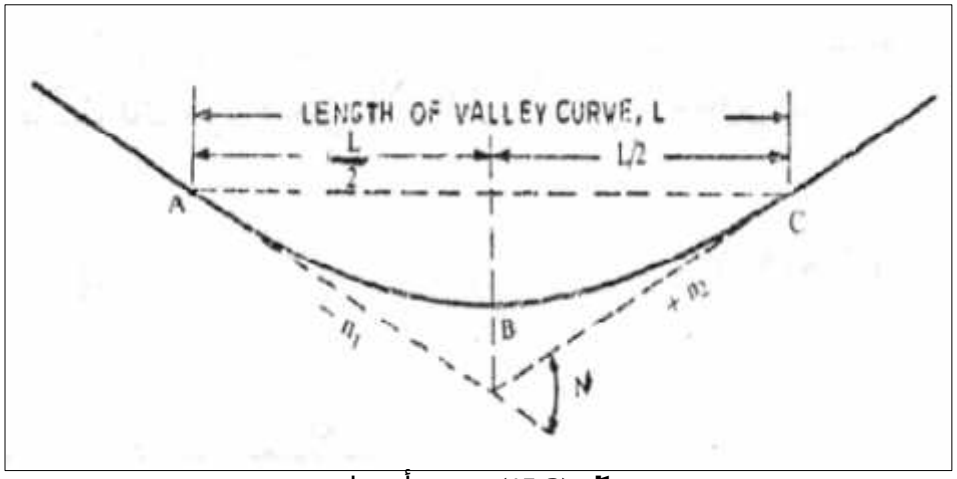
السرعة التصميمية DESIGN SPEED KPH	منبسطة FLAT %	تلالي HILLY %	جبلية MOUNTAINOUS %
50	6	٨	9
65	5	٧	8
80	4	5	7
90	3	4	6
100	3	4	6
110	3	4	5
120	3	4	-
130	3	4	-

٣-٥-٤ طول المنحنى الرأسي:

من العوامل الأساسية التي تحكم اختيار وتحديد طول المنحنى الرأسي كما يلي:

١- راحة المسافرين (comfort of passenger):

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية (القاع) على أساس توفير راحة المسافرين، حيث يحدد الطول على أساس القوة الطاردة المركزية وتساوي ٠.٦ م/ث^{٢}، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (3-15) فإن طول منحنى الاستدارة السفلي ABC في المنحنى الرأسي والذي يساوي L حيث AB ، BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقالي .



شكل (3-15) منحنى رأسي قاعي

Ls = L/2

$\Rightarrow$ **L = 2*[N V^3/C]$^{0.5}$** ……..(3-14)

حيث أن:

V: السرعة التصميميةم /ث

C: معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي ٠.٦م /ث^٢

N: زاوية انحراف المماسين

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

I max = [(200 * N * V^2) / (g*L)] % < %17…..... (3-15)

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

٢- مسافة الرؤية (Sight Distance):

لضمان سلامة السير للمركبات لا بد من توافر مدى رؤية كافي على جميع أجزاء الطريق والمسافة التي يستطيع أن يراها السائق يطلق عليها مسافة الرؤية وتعتبر مسافة الرؤية من الأمور الضرورية لدواعي الأمن والسلامة بالنسبة لحركة المرور فعدم توافر مسافة رؤية كافية يؤدي الى حوادث في حالة وجود عوائق على الطريق وقد يؤدي كذلك الى خطر الاصطدام بالمركبات الأخرى مما يسبب حوادث خطيرة وخسائر مادية وإنسانية.

وتنقسم مسافة الرؤية الى نوعان:

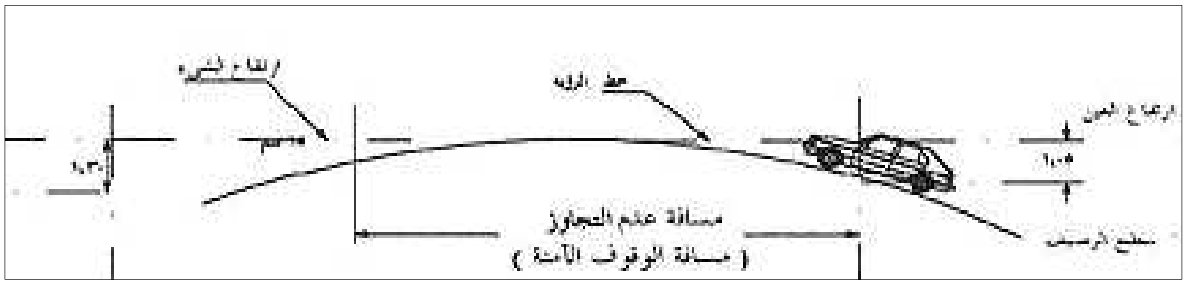
أ- مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance):

وهذه المسافة يمكن تعرفها بأنها أقل مسافة لا بد من تواجدها على طريق لكي يتمكن السائق أن يوقف بأمان سيارة تسير بأقصى سرعة تصميمية للطريق دون خطر الاصطدام بعائق موجود على الطريق بارتفاع ١٠ سم.

ويلاحظ أن هذه المسافة لا بد من توافرها على جميع أجزاء الطريق سواء كان الطريق مكون من حارتين أو متعدد الحارات. والجدول (٣-٨) يوضح القيم الصغرى لمسافات الرؤية الضرورية للتوقف الآمن والمتناسبة مع قيم مختارة للسرعة التصميمية.

الجدول (٣-8) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف

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



الشكل (٣-16)يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن

حساب مسافة الإيقاف :

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254\,f} \quad \ldots\ldots(3.16)$$

حيث أن:

V:سرعة العربة (كم/ساعة).

f: معامل الاحتكاك.

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية).

المعادلة (3-16) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالعدد (٢).

جدول(٣-9) العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك

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

ب- مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance):

وهذا هو النوع الثاني من مسافة الرؤية وهي أقل مسافة كافية لكي تتخطى عربة سريعة عربة بطيئة تسير امامها وذلك بمرورها في الحارة الأخرى ثم العودة الى نفس الحارة دون خطر الاصطدام بعربة قادمة من الاتجاه الآخر وتسير بالسرعة التصميمية للطريق ودون مضايقة العربة البطيئة التي تسير أمامها والشكل (٣-١٧) يوضح ذلك.

ويمكن استخدام المعادلات (٣-١٧)،(٣-١٨)،(٣-١٩)،(٣-٢٠) لإيجاد مسافة الرؤية للتجاوز الآمن (بالمتر) .

$$OSD = d1 + d2 + d3 \quad \ldots\ldots(3-17)$$

$$OSD = 0.28Vb.t + .028VbT + 2S + 0.28V.T \quad \ldots\ldots(3-18)$$

$$T = \sqrt{\frac{14.4S}{A}} \quad \ldots\ldots(3-19)$$

$$S = 0.7Vb + 6 \quad \ldots\ldots(3-20)$$

حيث:

OSD: مسافة الرؤية للتجاوز.

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

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

d_2: المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتخطية خلال فترة التخطية .

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

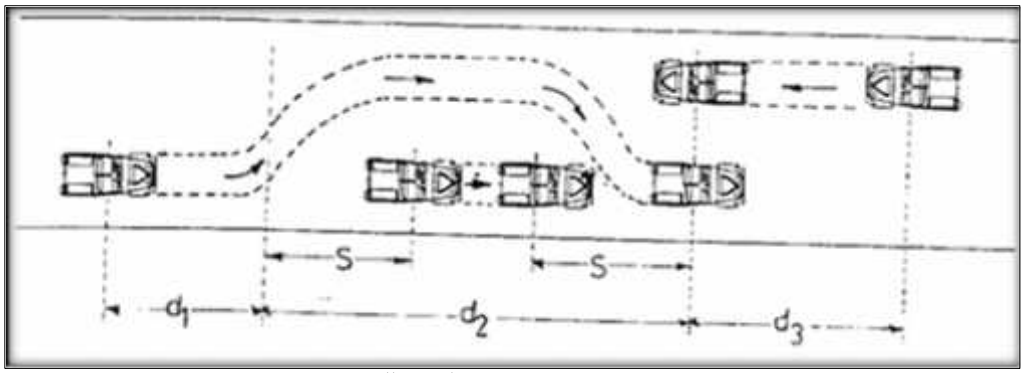
V_b : سرعة السيارة المتجاوز عنها (كم/ساعة).

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

V: سرعة السيارة المتجاوزة (كم/ساعة).

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

A: تسارع السيارة المتجاوزة (كم/ساعة^2).



الشكل (3-17) مسافة الرؤية للتجاوز

في حالة عدم معرفة سرعة السيارة المتجاوز عنها يمكن إيجادها من المعادلة (٣-٢١).

$$Vb = (V - 16) \quad \text{.....(3-21)}$$

حيث v :السرعة التصميمية (كم /ساعة).

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

تصبح المعادلة (3-16):

$$S.D = 0.278vt + \frac{V^2}{254(f \pm N)} \quad \text{.....(3.22)}$$

حيث: N هي المجموع الجبري لميل مماسي المنحنى الرأسي.

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

الفصل الرابع

مَشاكل الطريق والحلول المقترحة

٤-١ مقدمة

٤-٢ تعريف بالمشاكل

٤-٣ عيوب طبقات الرصف الإسفلتية

٤-٤ سوء تصريف مياه الأمطار

٤-٥ انتشار السيارات الخاصة على جوانب الطريق وعند المرافق العامة

٤-٦ عدم وجود اللافتات الإرشادية وإشارات المرور

٤-١ مقدمة :

إن إبقاء المنشأة في حالة تشغيلية جيدة هو الهاجس الأول لمديري التشغيل والصيانة في المنشآت الخاصة والعامة. ولعل شبكة الطرق هي من أكثر المنشآت تعقيداً نظراً لحجمها الهائل و الذي يمثل استثمارا كبيراً في اقتصاد الدول يجب المحافظة عليه وإطالة مردودة الاقتصادي .وذلك لما لشبكة الطرق من تأثير على نهضة البلاد وخدمة جميع أفراد المجتمع.

تتعرض شبكات الطرق إلى كثير من العوامل التي تؤدي إلى تدهور حالتها التشغيلية والإنشائية مع تقادم عمرها ويكون هذا التدهور بطيئاً في بداية عمر الطريق ثم يزداد تسارعا مع زيادة عمر الطريق.

يمكن تعريف الصيانة بأنها المحافظة والإبقاء على الطريق في نفس الحالة التي كانت عليها عندما تم إنشاءها أو في الحالة المحسنة التي وصل إليها الطريق فيما بعد ، فبعد القيام بالزيارة الميدانية للموقع ودراسة كافة الجوانب من ناحية هندسية سنعرض لكم هذه المشاكل بالصور مع شرح لكل منها وطرق معالجة هذه المشاكل وإيجاد حلول لها .[1]

يمكن تلخيص طريقة العمل لبعض أعمال الصيانة كالآتي :

- وضع لافتات تحذيرية وإشارات المرور .
- صيانة طبقات الإسفلت.
- صيانة وصلاح هبوط أكتاف الطريق .
- صيانة علامات الطريق (الإرشادات) وعوامل السلامة .

٤-٢ تعريف بالمشاكل :

يعاني الطريق من بعض المشاكل منها :

- ✓ عيوب طبقات الرصف الإسفلتية مثل الشقوق الشبكية ,الشقوق الطولية والعرضية ,الهبوطات ,الشقوق الجانبية .
- ✓ عدم توفر الميول المناسبة على الطريق مما يؤدي إلى سوء تصريف مياه الأمطار .
- ✓ يحتوي الطريق على كثير من المنحنيات وعدم وجود لافتات تحذير من تلك المنعطفات أو أي من إشارات المرور .
- ✓ انتشار السيارات الخاصة على جوانب الطريق وعند المرافق العامة مما يؤدي إلى ازدحام الطريق.

٤-٣ عيوب طبقات الرصف الإسفلتية في الطريق [1]:

تتمثل العيوب فيما يلي :

- الشقوق الشبكية.
- الحُفر الإسفلتية .

- الشقوق الطولية والعرضية.
- الهبوطات.
- الشقوق الجانبية.

أما أسباب عيوب طبقات الرصف الإسفلتية فتتلخص في النقاط التالية :

- **تلف طبقة الخرسانة** الإسفلتية نتيجة لتلف الطبقة السفلية بسبب **الأحمال** المرورية المتكررة .
- **عدم ثبات حالة طبقة الأساس الإسفلتي** أو طبقة تحت الأساس بسبب هبوط زائد للسطح .
- عدم كفاية سماكة طبقات الرصف .
- الانكماش الحراري للمواد الإسفلتية الرابطة نتيجة الانفعال والإجهاد الدوري .
- **عدم** جودة تنفيذ فواصل المسار (في حالة الشقوق الطولية) .
- تحدث الهبوطات نتيجة هبوط طبقة **الأساس** الترابي نتيجة الأ**حمال الزائدة التي تضغط على الأساس** فتهمشه .
- تحدث مشكلة الحفر الإسفلتية بسبب**سوء** تصريف مياه **الأمطار** والبنية الضعيفة **والفقت الموضعي لسطح طبقة الرصف والأشكال** (٤-١)و(٤-٢) توضح العيوب الموجودة في الطريق :

الشكل (٤-١) عيوب التشققات في الطريق

الشكل (٤-٢) الحفر والهبوطات في الطريق

٤-٣-1: طرق حل مشكلة عيوب طبقات الرصف الإسفلتية :

حيث يتم حل المشكلة بعمل صيانة لهذه التشققات عن طريق إجراء فحوصات للموقع وتحيد أماكن الهبوط والتشققات ومن ثم صيانة طبقة الإسفلت عن طريق القيام بتعبئة الشقوق والترقيع وصيانة وصلاح هبوط أكتاف الطريق أو القيام بإعادة التصميم للطريق بشكل كامل .

وتتم عملية الصيانة كالآتي :

- الترقيع:

يعتبر الترقيع من أكثر وسائل صيانة طبقات الرصف الإسفلتية انتشارا ،فجميع الطرق تحتاج إلى الترقيع أثناء عمرها الافتراضي وذلك إما لمعالجة الحفر التي تحدث في الطريق لأي ظواهر طبيعية أو ردم الخنادق اللازمة لتمديد الخدمات العامة تحت الطريق ،ويتم عمل الترقيعات بالخطوات التالية :-

- إزالة المواد السطحية في الحفرة على أن يكون شكل الحفر مستطيلا ويشمل ٣٠سم من الإسفلت الجيد المحيط بالحفرة .
- رش الحفرة وجوانبها بالإسفلت المخفف سريع النضج RC2 و RC4 .
- توضع الطبقة الإسفلتية باستخدام المجار يف مع تسويتها .
- يتم رص المواد بواسطة مدحلة لا تقل زنتها عن ١٠ طن ولا تزيد عن ١٥ طن بسرعة ٥ كلم في الساعة على أن ترطب العجلات بالماء حتى لا يتناثر الإسفلت عند رصه.

- تعبئة الشقوق :

تعتبر تعبئة الشقوق تقنية شائعة جدا حيث يتم تعبئتها باستخدام المستحلب الإسفلتي أو الإسفلت المخفف أو إسفلت مطاطي لتعبئة الشقوق الكبيرة وتتم هذه العملية بالخطوات التالية:

أ- تنظيف الشقوق المراد تعبئتها .

ب- يتم صب المواد العازلة داخل الشقوق باستخدام وعاء صب مخصص لهذه العملية .

ت- يتم تنظيف المساحة المجاورة من المواد الزائدة المنسكبة .

- صيانة وصلاح هبوط أكتاف الطريق :

يجب أن تكون أكتاف الطريق دائما منحدرة بعيدا عن الطريق لكي يتم تصريف المياه بعيدا عن الطريق كما يجب صيانة الكتف لتصحيح الانحدار الخاطئ ، والأكتاف هي عناصر مهمة من شبكة الطريق والمواقف، وتعتبر صيانتها مهمة جدا للحصول على عمليات مرورية آمنة . وتتطلب صيانة الأكتاف تعديل السطح أو التسوية أو التدرج ،وتستعمل ماكينة تسوية حيث تسحب المواد الطليقة من جوانب الطريق أو تقوم بنشر تجمعات الحصو التي ستضاف إلى سطح الطريق .

٤-٤ سوء تصريف مياه الأمطار

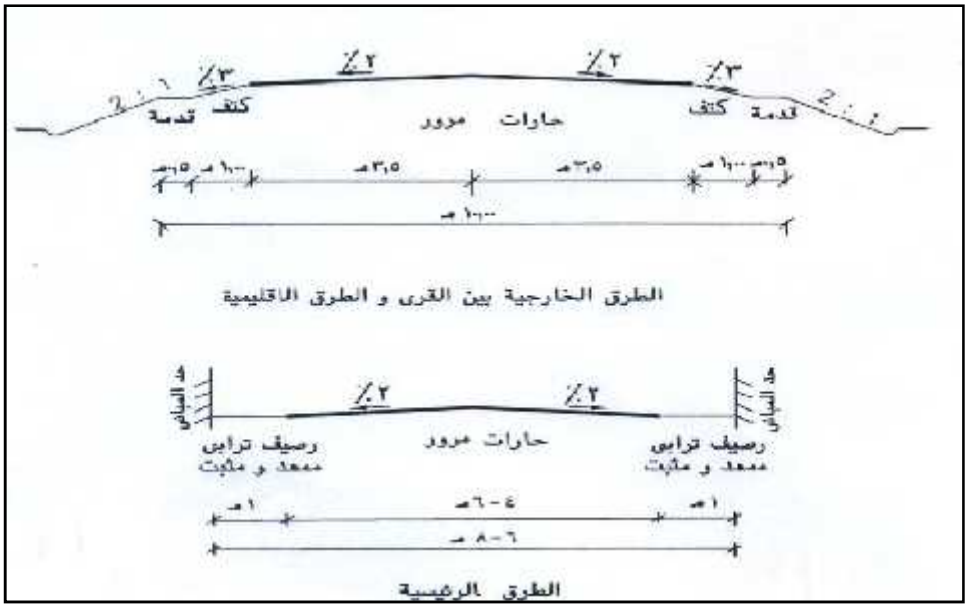
عند النظر إلى بداية طريق المنشر البصة يتبين انخفاضه عن الطريق الرئيسي (شارع الحاووز) بحيث أن مياه الأمطار تنساب إليه في الشتاء ، ويعاني الطريق من عدم توفر الميول المناسبة لتصريف مياه الأمطار وقلة وجود العبارات وفتحات التصريف الخاصة بتصريف مياه الأمطار وبما أن الطريق يقع في منطقة منخفضة فأن مياه الأمطار تتجمع فيه مسببة أضرار لطبقة الإسفلت والطبقات الأخرى فان لم يكن هناك طريقة صحيحة لتصريف مياه الأمطار فان ذلك يسبب الضرر للسكان والأراضي الزراعية ويؤثر على حركة السير وحركة المشاة في الطريق ،والأشكال (٤-٣)و(٤-٤)توضح هذه المشكلة :

الشكل (٤-٣) إنخفاض الشارع عن الطريق الرئيسي وسوء تصريف مياه الأمطار فيه

الشكل(٤-٤) فتحة تصريف المياه الوحيدة الموجودة في بداية شارع المنشر

طريقة حل مشكلة سوء تصريف مياه الأمطار:-

إن الطريقة العلمية لحل مشكلة تصريف مياه الأمطار تبدأ من قبل أن ترصف الطرقات وتعبد بأن تقام مجاري مياه ,وقنوات تصريف تحت الأرصفة إما اليمين أو اليسار أو كليهما أو بالرصيف الوسطي فيما بين المسارين ,وبعد أن ينتهي عمل تلك المجاري يجب عمل الميول المناسب عند الإنشاء بشكل مائل نحو تلك المجاري ، كما في الأشكال (٤-5)و(٤-6).



الشكل(٤-٥) القطاعات العرضية النموذجية في تصميم الطرق

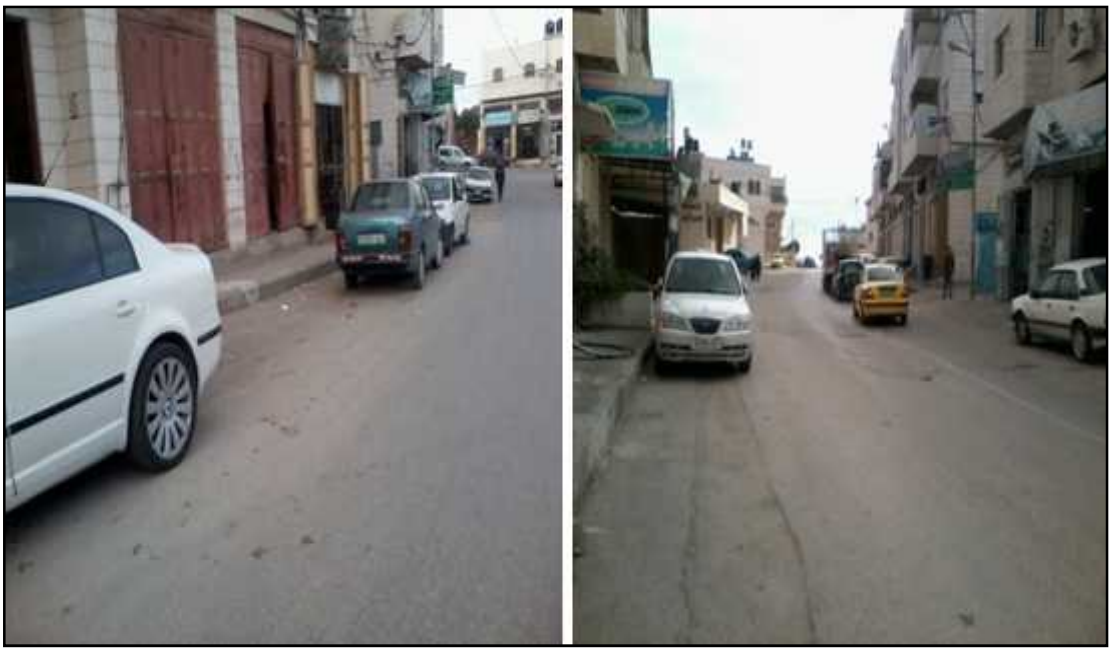
الشكل (٤-٦) إقامة مجاري المياه تحت الأرصفة

تم العمل على حل هذه المشكلة في تصميم الطريق ، حيث تم عمل شبكة تصريف لمياه الأمطار، من تحديد أماكن فتحات التصريف وعمل الميول المناسبة للطريق وقنوات التصريف إلى الأراضي الزراعية المجاورة.

4-5 انتشار السيارات الخاصة على جوانب الطريق وعند المرافق العامة

تقع صالات الأفراح (قصر النيل) ومدرسة السيدة سارة على الشارع مباشرة ولا يوجد لهذه الصالة أي موقف خاص للسيارات الخاصة حيث يكون هناك انتشار كثيف للسيارات الخاصة والأطفال في تلك المنطقة مما يؤدي إلى ازدحام حركة السير في الشارع ،والأشكال (٤-٧)و(٤-٨)توضح مكان صالة الأفراح ومدرسة السيدة سارة في الشارع وتجمع السيارات الخاصة على جوانب الطريق:

الشكل (٤-٧) صورة توضيحية لقاعة الأفراح ومدرسة السيدة سارة



الشكل (٤-٨) مشكلة تجمع السيارات الخاصة على جوانب الطريق

لحل هذه المشكلة يجب توفر مواقف للسيارات عند صالات الأفراح والمدارس حتى نتمكن من تقليل ازدحام حركة السير في الطريق .

٤-٦ عدم وجود لافتات الإرشادية أو إشارات المرور

يفتقر الطريق إلى اللافتات الإرشادية إشارات المرور حيث يعاني الطريق من كثرة المنعطفات والدخلات وعدم وجود لافتات تحذر من تلك المنعطفات يهدد بحدوث تصادم بين المركبات، لان عدم وجدوها يؤدي إلى صعوبة توفير المعلومات للسائق مما يؤدي إلى حوادث مرورية في تلك المنطقة ،كما ويفتقر الطريق إلى ممرات المشاة على جوانب الطريق وخطوط المشاة وخصوصا عند مدرسة السيدة سارة للبنات والأشكال (٤-٩)و(٤-١٠) تبين افتقار الطريق إلى هذه العناصر .

الشكل (٤-٩) عدم وجدود لافتات إرشادية أو إشارات مرور

الشكل (٤-١٠) عدم وجود ممرات أو خطوط مشاه أمام مدرسة السيدة سارة

يكون حل هذه المشكلة بوضع إشارات المرور في أماكنها الصحيحة ولافتات إرشادية خاصة عند المنعطفات وضرورة وجود إشارات المرور وممرات مشاه بالأخص عند مدرسة السيدةسارة للبنات، وعلامات ترسم على الأرض ،متمثلة بالخطوط البيضاء في ممر المشاة والأسهم التي تحدد الانعطاف والألوان البيضاء والسوداء على جبه الأرصفة والجزيرة الوسطية والخط المتقطع والمتواصل وسط الطريق والإشارات العاكسة.

الفصل الخامس

حجم السير وإشارات المرور

0-١ مقدمة

0-2 حجم المرور .

0-3 إشارات المرور.

0-4 علامات المرور على الطريق .

حجم السير وإشارات المرور

5-١ مقدمة:

قبل البدء بتصميم الطريق يجب اخذ حجم المرور و كثافته على ذلك الطريق بعين الاعتبار (حجم المرور من الأسس الرئيسية). فإذا كان الطريق مصمم على ارض الواقع يتم حساب حجم المرور اليومي المتوسط (ADT) للمرور في الاتجاهين. وحجم المرور الساعي التصميمي (DHV) للمرور في الاتجاهين.
حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه.أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور و كثافته بالرجوع إلى دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الطريق هل هي سكنية أو صناعية أو زراعية حيث انه على أساس ذلك نقوم بتصميم الطريق . و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور، إن معرفة حجم السير مهم جدا في عملية تخطيط وتصميم الطرق وذلك من اجل تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.

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.

5-٢ حجم المرور (Traffic Volume):

هو عبارة عن عدد المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال فتره زمنية معينة،سواء في الاتجاه الواحد أو الاتجاهين، وهو يختلف عن كثافة المرور التي تعرف على أنها عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة أو طول معين من الطريق.

ولعلنا ونحن في هذا السياق أن نوضح بعض من المصطلحات التي سيتم ذكرها في هذا الموضوع إما ذكرا أو تفصيلا :

- المتوسط السنوي لحجم المرور اليومي(**AADT**) Annual Average Daily Traffic:

و هو حجم المرور السنوي مقسوما على عدد أيام السنة ويتراوح من ٧٠٠ – ١٠٠٠ مركبة.

- المتوسط اليومي لحجم المرور (**ADT**) Average Daily Traffic:

وهي حجم المرور الكلي خلال فترة زمنية محدودة،عادة أكثر من يوم و أقل من سنة، مقسوما على عدد الأيام خلال الفترة الزمنية .

والعوامل الأساسية التي تتحكم في سريان المرور هي حجم المرور، الذي يرمز له (**V**) و وحدته عربة في الساعة، و السرعة (**S**) و وحدتها كيلومتر في الساعة، والكثافة (**D**) ووحدتها مركبة في الكيلومتر.

$$V = D * S$$

5-٢-١ تعداد المركبات :

ولتحديد حجم السير لابد من إجراء تعداد للمركبات التي تمر على نقطة معينة من هذا الطريق، فالعدد يختلف من ساعة لأخرى ،ومن يوم لآخر ،ومن شهر لآخر خلال السنة الواحدة، ولذلك لابد من إجراء التعداد على مدار ساعات النهار والأيام خلال العام الواحد، وأما هدف التعداد فهول للوصول إلى:

- معرفة عدد السيارات بالساعة الواحد خلال اليوم وأيام السنة كاملة، وتحديد الساعات التي يمر بها العدد الأقصى من المركبات واختيار ثلاثين ساعة على مدار السنة كاملة.
- عدد السيارات يوميا على مدار السنة وتحديد الأيام والأشهر التي يكون فيها الازدحام اكبر ما يمكن.
- إيجاد المعدل اليومي للسيرADT- Average Daily Traffic وهو مجموع المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال عدد من الأيام مقسوما على عدد تلك الأيام.
- معدل السير السنوي AADT– Annual Average Daily Traffic وهو مجموع عدد المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال السنة مقسوما على عدد أيام السنة.
- تحديد نوعية المركبات المناسبة الذي سيتم اعتمادها في التصميم، لأن التصميم لا يعتمد على معدل السير اليومي أو السنوي وذلك لان معرفتهما مهم في رسم وتخطيط سياسة الطرق ودراستها، ولكن عند تصميم المنحنيات والانحدارات يعتمد على نوعية المركبات وساعات ازدحامها فلذلك يمكن اعتبار حجم السير للتصميم بما يعادل(٨% - ١٨%) من معدل السير اليومي.

٥-٢-٢ فترات التعداد:

إن إجراء التعداد على فترات مختلفة أمر في غاية الأهمية، وذلك من اجل الحصول على معلومات دقيقة يتم على أساسها التصميم. 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.

٥-٢-٣طرق إجراء التعداد:

إن طرق ووسائل تعداد المركبات عديدة ولكل منها مساوئ وميزات ونذكر منها طريقتين رئيسيتين للتعداد هما:

- **العد اليدوي:** هنا يقوم فريق العمل بتسجيل عدد المركبات التي تمر على الطريق وذلك على فترات مختلفة من الزمن، وفي الوقت ذاته يقوم بتصنيف السيارات إلى سيارة صغيرة أو شاحنة أو حافلة. وتمتاز هذه الطريقة بالبساطة والسهولة والدقة، ولكنها بالمقابل تحتاج إلى فريق عمل كبير
- **العد الآلي (لميكانيكي):** ويتم ذلك باستخدام أجهزة مختلفة منها أجهزة التصوير والرادار. وتمتاز هذه الطريقة بأنها غير مكلفة، ولكن هذه الأجهزة لا تستطيع تصنيف المركبات إلى أنواع وتحتاج إلى صيانة مستمرة.
- **العد بطريقة المشاهد المتحرك:** وهو أن يقوم شخص بالعد أثناء تحركه في سيارة تسير مع السيارات حيث تسبق بعضها وتقوم البعض بتجاوزها ويتم عد السيارات باتجاه سيارة المشاهد وعد السيارات المقابلة لسيارة المشاهد ومن ثم تستخدم معادلة إحصائية لإيجاد عدد السيارات الكلي.

ومن الجدير بالذكر بأنه سوف نلاحظ استخدام الطريقة الأولى في عد السيارات وذلك لسهولتها وبساطتها بالنسبة للطريقة الأخرى التي تحتاج إلى أجهزة رادار وتصوير.

والجدول (٥-١) يبين تعداد المركبات على الطريق المقترح إعادة تصميمه **لكل** ١٥-دقيقة **بالإضافة** للتاريخ وفريق التعداد لكل يوم، **والجدول** (٥-٢)يبين **متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع**.

جدول (٥-١):تعداد المركبات على الطريق المقترح إعادة تصميمه

Day	Time		Type of care			
	From	To	Number of cars	Passenger	2-axle	3-axle
Sunday 10/3/2013 مصطفى	07:00	07:15	57	50	7	0
	07:15	07:30	66	55	11	0
	07:30	07:45	96	85	10	1
	07:45	08:00	54	50	4	0
	08:00	08:15	33	33	0	0
	08:15	08:30	50	41	7	2
	08:30	08:45	41	36	5	0
	08:45	09:00	33	31	2	0
	09:00	09:15	38	36	2	0
	09:15	09:30	35	30	2	3
	09:30	09:45	43	40	3	0
	09:45	10:00	32	29	3	0
	10:00	10:15	40	38	2	0
	10:15	10:30	35	29	5	1
	10:30	10:45	37	32	4	1
	10:45	11:00	31	25	6	0
	11:00	11:15	40	39	1	0
	11:15	11:30	33	28	3	2
	11:30	11:45	45	38	7	0
	11:45	12:00	45	41	4	0
	12:00	12:15	31	30	1	0
	12:15	12:30	52	50	2	0
	12:30	12:45	51	47	3	1
	12:45	13:00	73	68	5	0
	13:00	13:15	87	78	9	0
	13:15	13:30	59	52	7	0
	13:30	13:45	51	44	6	1
	13:45	14:00	56	49	5	2
	07:00	07:15	27	27	0	0

Monday 11/3/2013 ليث	07:15	07:30	68	64	4	0
	07:30	07:45	115	96	18	1
	07:45	08:00	64	58	6	0
	08:00	08:15	43	39	4	0
	08:15	08:30	36	33	3	0
	08:30	08:45	44	43	1	0
	08:45	09:00	39	36	3	0
	09:00	09:15	31	28	3	0
	09:15	09:30	41	40	1	0
	09:30	09:45	28	28	0	0
	09:45	10:00	24	24	0	0
	10:00	10:15	38	36	2	0
	10:15	10:30	30	27	2	1
	10:30	10:45	33	32	1	0
	10:45	11:00	35	33	2	0
	11:00	11:15	18	17	1	0
	11:15	11:30	28	24	3	1
	11:30	11:45	22	21	1	0
	11:45	12:00	40	37	3	0
	12:00	12:15	31	31	0	0
	12:15	12:30	43	42	0	1
	12:30	12:45	55	48	7	0
	12:45	13:00	61	56	5	0
	13:00	13:15	74	62	12	0
	13:15	13:30	83	74	8	1
	13:30	13:45	64	58	5	1
	13:45	14:00	45	41	3	1
	07:00	07:15	51	45	6	0
	07:15	07:30	76	66	10	0
	07:30	07:45	108	91	15	2
	07:45	08:00	61	53	7	1
	08:00	08:15	38	36	2	0
	08:15	08:30	43	38	5	0
	08:30	08:45	44	40	3	1
	08:45	09:00	44	41	3	0
	09:00	09:15	35	31	4	0
	09:15	09:30	36	34	2	0
	09:30	09:45	37	32	4	1
	09:45	10:00	29	27	2	0

Tuesday 12/3/2013 ليث	10:00	10:15	45	41	4	0
	10:15	10:30	29	27	2	0
	10:30	10:45	43	38	3	2
	10:45	11:00	32	29	2	1
	11:00	11:15	29	28	1	0
	11:15	11:30	29	26	3	0
	11:30	11:45	40	36	3	1
	11:45	12:00	43	39	4	0
	12:00	12:15	38	32	5	1
	12:15	12:30	57	55	1	1
	12:30	12:45	59	48	11	0
	12:45	13:00	75	67	8	0
	13:00	13:15	81	68	11	2
	13:15	13:30	84	71	13	0
	13:30	13:45	70	63	6	1
	13:45	14:00	53	45	8	0

جدول(٥-٢): متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.

الأيام	متوسط عدد المركبات لكل ساعة		
	Passenger	2-axle	3-axle
الأحد	171	18	2
الاثنين	165	14	1
الثلاثاء	**177**	21	**2**

ان المعلومات التي تظهر في الجدول (٥-٢)يتم تحويلها إلى عدد من المركبات المكافئة باستخدام معاملات وفقا **للمواصفات الأردنية** المتبعة في فلسطين كما في الجدول(٥-٣):

جدول(٥-3): معاملات أنواع المركبات وفقا للمواصفات الأردنية .

Type of care	Factor
Passenger	1
2-axle	2.5
3-axle	3

أي أن :-

عدد المركبات الكلي = (عدد السيارات الصغيرة × ١ + **عدد الباصات** × ٢.٥ + **عدد الشاحنات** × ٣)

.....(١)

السيارات الصغيرة = ((177+165+171)*١)/3.....(٢)

= 171 سيارة صغيرة

الشاحنات = (2+1+2) × ٣/ 3.....(٣)

= 5 سيارة صغيرة.

الباصات = (18+14+21) × ٢.٥ /

3.....(٤)

= 44.1 سيارة صغيرة

متوسط عدد السيارات الصغيرة الحالي = 171+44.1+5.....(٥)

= 220 سيارة صغيرة

معدل المرور اليومي ADT A= 220× ٢٤ .....(٦)

= 5280 سيارة / يوم

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

معدل المرور اليومي بعد مرور ٢٠سنة = 5280 *

٢.٥.....(٧)

= 13200 سيارة / يوم

بسبب عدم توفر معلومات دقيقة عن عدد المركبات في ساعات الذروة فانه تم اعتبار حجم المرور للتصميم يساوي نسبة من معدل المرور اليومي وهذه النسبة تساوي (0.12 – 0.07) ويرمز لها بالرمز k، لذلك فان معدل مرور المركبات للساعة التي يتم أخذها بالتصميم يمكن إيجاده من المعادلة (٨):

عدد المركبات في الساعة التصميميةD.H.V min = k ×D ×معدل المرور اليومي .....(٨)

13200×0.070×0.55=

=508سيارة /ساعة.

13200×0.012×0.60= D.H.V max

= 950 سيارة /ساعة.

جدول(٥-٤): قيم DوK العامة [9].

Facility Type	Normal Rang of values	
	K-Factor	D-Factor
Rural	0.15-0.25	0.65-0.80
Suburban	0.12-0.15	0.55-0.65
Urban: *Radial Route*	0.07-0.12	0.55-0.60
Circumferential Route	0.07-0.12	0.50-0.55

بما إن الطرق في فلسطين هي طرق من الدرجة الثالثة فانه تم اعتماد السعة التصميمية للطريق تساوي ٨٥٠ سيارة /ساعة ، حيث أن السعة التصميمية عبارة عن أقصى عدد من المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف السائدة.

إن عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة (N_{20}) تعطى بالعلاقة رقم (١٠):

N_{20} = D.H.V / السعة التصميمية.....(10).

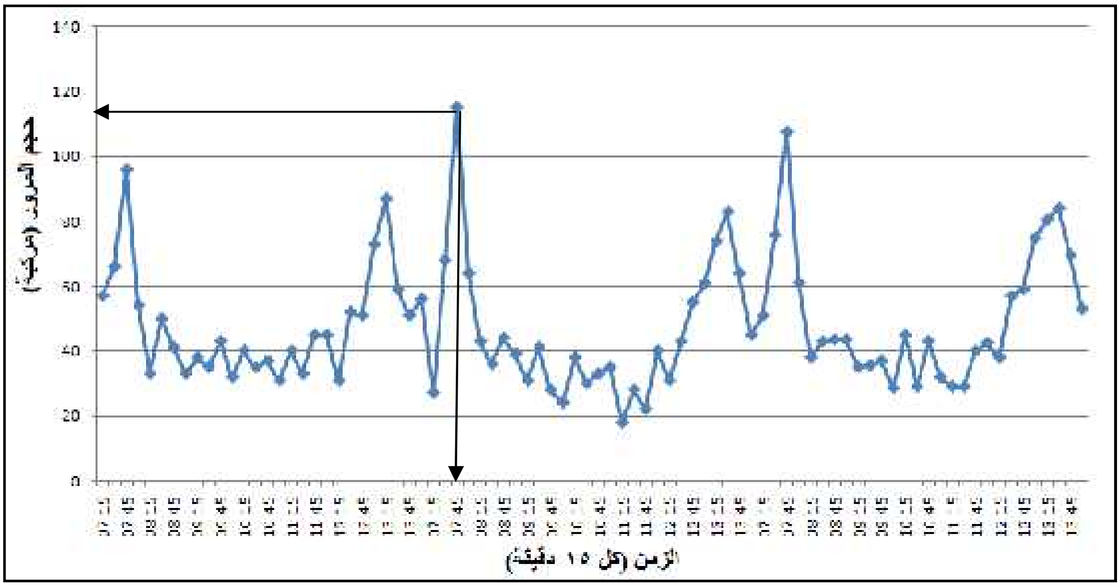
= ٨٥٠ / ٩٥٠

= 1 مسرب في كل اتجاه

إن العلاقة بين **حجم المرور في الساعة** التصميمية **وأعلى معدل تدفق** يسمى ب(*peak hour factor*) حيث يعطى بالعلاقة الموضحة في المعادلة رقم (١١).

$$PHF = \frac{\text{hourly volume}}{\text{max.rate of flow}} \qquad \text{(11)}$$

يمثل الشكل (٥-١) العلاقة بين عدد المركبات والفترة الزمنية لكل ١٥-دقيقة في كل ساعة لجميع أيام التعداد ،حيث يتبين لنا من خلال أعلى قيمة في المنحنى أن ساعة الذروة تكون في الفترة (8:15-7:15) **عند أعلى عدد مركبات في الساعة** .



الشكل (٥-١) العلاقة بين عدد المركبات والفترة الزمنية لكل ١٥-دقيقة لجميع **أيام التعداد** .

لكل فترة ١٥-دقيقة ،تصبح :-

$$PHF = \frac{V}{4 * vm15} \qquad \text{(12)}$$

$$PHF = \frac{290}{4*115} = 0.630$$

والجدول (٥-٥) يوضح حجم المرور ومعدل التدفق **لكل فترة ١٥**-دقيقة **في ساعة الذروة**(8:15-7:15):

جدول (٥-٥) حجم المرور ومعدل التدفق **لكل** فترة ١٥-دقيقة في ساعة الذروة .

Time Interval	Volume for Time Interval (vehs)	Rate of Flow for Time Interval (veh/h)
07:15-07:30	68	68/0.25
07:30-07:45	115	115/0.25
07:45-08:00	64	64/0.25
08:00-08:15	43	43/0.25

07:15-08:15	∑=290

من الجدول السابق يظهر أن أعلى معدل تدفق للمركبات في الفترة (07:30-07:45)،حيث عندها تكون قيمة (PHF) التي تم حسابها وفق المعادلة رقم (١٢).

٥-٢-٤السير الحالي والمستقبلي:

إن حجم السير يزداد يوما بعد يوم، وعند التخطيط المستقبلي للطريق يجب إن يؤخذ حجم السير المستقبلي على الطريق أثناء التصميم، تفاديا لحصول اختناقات مرورية مستقبلا، ولكي يفي الطريق بالغرض الذي صمم من اجله وهو استيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي. لذلك يجب أخذ الأمور التالية بعين الاعتبار:

- السير الحالي: ويتم الحصول عليه بتعداد حجم السير على الطريق أو بتعداد حجم السير على الطرق المؤدية إلى الطريق المراد تصميمه.
- الزيادة الطبيعية في عدد المركبات(Peak Factor) الناتجة عن زيادة عدد السكان وزيادة استخدام المركبات.
- السير المتطور والناتج عن فتح وتحسين الطريق في المنطقة مما يؤدي إلى تطور الصناعة والسياحة في المنطقة.

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

٥-٢-٥عمر الطريق :

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

إن تصميم الطريق لفترة قصيرة يؤدي إلى الحاجة المستمرة لإعادة التأهيل، أما التصميم لفترة زمنية طويلة يسبب زيادة التكاليف بشكل كبير،حيث تم تصميم الطريق بناء على عمر مستقبلي ٢٠سنة .

٥-٢-٦ 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. وتعتمد سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول (٥-٦) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو الأمريكية (AASHTO).

جدول (٥-٦) سعة الطريق حسب مواصفات هيئة آشتو (AASHTO)[9].

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)

٥-٣ إشارات المرور المستخدمة :

نظرا لأهمية تنظيم وتوحيد أساليب المرور في جميع دول العالم حتى يتفهمها الناس جميعا فقد اجتمعت الدول على توحيد وتنظيم علامات المرور وإشارات المرور عام ١٩٤٩م، والغرض منها وضع سياسة موحدة لهذه العلامات حتى يمكن لسائقي السيارات إتباعها في جميع أنحاء العالم .

وقد أدخلت تحسينات على الاتفاقية دعت الأمم المتحدة خبراء النقل والمرور في الدول الأعضاء إلى الاجتماع وأسفر عنها الوصول إلى اتفاقية جديدة على ضوء ما يصحب النقل والمرور من تطوير وتقديم وزيادة في الحجم المروري .

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

٥-٣-١ أنواع الإشارات :

١- إشارات المنع: والإشارات التي تأمر السائق بالعمل بها وإلا يعرض لعقوبة القانون وتتميز باللون الأحمر، على سبيل المثال ممنوع المرور، وتكون مستديرة الشكل كما هي موضحة في الشكل (٥-٢).

الإشارة:			
معنى الإشارة:	ممنوع الدوران والرجوع للخلف	ممنوع تجاوز المركبات	ممنوع الدخول

الشكل (٥-٢) إشارات المنع المستخدمة في الطريق[14]

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

٣- **إشارات إرشادية**[14]، يجب استعمالها على التقاطعات **كما في المثل التالي** :-

٤- **إشارات التحذير:** كإشارة انحدار حاد أو منعطف خطر و تكون هذه الإشارات **مثلثيه الشكل**.والجدول التالي يبين بعض هذه الإشارات.

الشكل (٥-٣) بعض إشارات التحذير **المستخدمة** في الطريق[14]

الإشارة							
معنى الإشارة	مفترق طرق أمامك (تقرع T)	أولاد على الشارع	أمامك ممر مشاة	احذر منعطف مزدوج يسار	انعطاف حاد نحو اليسار	انعطاف إلى اليمين

٥- **إشارات الأوامر:** على سبيل المثال (قف، هدئ السرعة، و غير ذلك) وتكون مستديرة الشكل أو مسدسه الشكل كما في المثل التالي :

الإشارة	**معنى الإشارة**[14]
	قف . أعط حق الأولوية لحركة السير على الجهة المقابلة
	سرعة خاصة. لا يجوز السير بسرعة تزيد عن السرعة المحددة على

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.

٥-٣-٢ مواصفات الإشارات:

يجب أن يكون للإشارات مواصفات خاصة بها حتى تحقق الهدف المنشود منها فالإشارة يجب أن تكون واضحة للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن تلك المسافة اللازمة لرؤية الكتابة كما يجب أن تكون الكتابة على الإشارة واضحة ومفهومة للسائق لكي يتصرف طبقا للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق.

وحتى يتحقق ذلك لابد من الانتباه إلى الأمور الرئيسية التالية في الإشارة :

- **أبعاد الإشارة:**

كلما كبرت الإشارة ضمن حدود معقولة، تحسنت رؤية السائق لها.

- **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 للوحة بلون غامق على أن تختلف أيضا لون اللوحة عن البيئة المحيطة حتى تكون واضحة (التباين باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعان مختلف).

- **الشكل:**

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

- **الكتابة:**

تتأثر رؤية الكتابة بعدة عوامل منها نوع الكتابة وحجم الأحرف، وسماكة الخط، والفراغات بين الكلمات والأسطر، وعرض الهامش، و يجب أن نختار الكتابة التي تناسب ذلك.

والجدول (5-٧) يبين المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة:-

الجدول (5-٧) المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة [1]

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

٥-٤ علامات المرور (Traffic Marking):

يشمل علم الطرق هندسة الطرق وهندسة المرور. وعند تصميم الطرق وإنشائها وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لتضمن حسن الأداء و لتمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشأت من أجله الطريق.

وعلم المرور يتطرق إلى أمور عدة كالاتجاهات والمسارب و التقاطعات والانعطاف إلى اليمين أو اليسار والمسافات والوقوف وغير ذلك، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه ولذلك يجب تنفيذها عند فتح الطريق.

٥-٤-١ أهداف علامات المرور:

إن علامات المرور على الطريق 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، و الهدف من وراء وضع هذه العلامات هي :-

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.
٥- تحديد أماكن عبور المشاة.
٦- تحديد أولوية المرور على التقاطعات.
٧- تحديد مواقف السيارات.
٨- تعيين الاتجاهات بالأسهم لتحديد الأماكن التي يتجه إليها السائق.
٩- تحيد جانبي الطريق.

٥-٤-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات:

إن علامات المرور تنتظم حركة السير للسائق والمشاة وتنقل التعليمات لهم، هذا ويراعى في هذه العلامات 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 جيده 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 في الطريق:

- **الخطوط :**

تكون الخطوط بعرض 10 سم، 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.

توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة، كما توضع خطوط صفراء متقطعة في المناطق التي يحظر فيها على السيارات المرور فوقها حيث تقوم هذه الخطوط مقام الجزر أو قد تكون موضوعة على أماكن متغيرة المستوى كالموجودة لشد انتباه السائق على المطبات خوفا من المفاجئة .

- **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.

- **الأسهم:**

قد تستعمل الأسهم بدلا عن الكلمات أو مع الكلمات كسهم يتجه رأسه لليمين مع كلمة اتجه لليمين، **وممكن أن تستعمل بدلا من الكلمات** .

- **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.

- **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.

الفصل السادس

التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٦-١ مقدمة .

٦-٢ الانواع الرئيسية للرصف

٦-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.

٦-٤ تصميم الرصفة المرنة

التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٦-١ مقدمة :

تعتبر عملية التصميم الإنشائي للطريق عبارة عن إيجاد سماكة طبقات الرصف و مواصفاتها و مكوناتها لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير على هذه الطرق ، والأنواع الرئيسية للرصف نوعان الأول هو الرصف الصلب وهو عبارة عن بلاطات خرسانية مسلحة توضع فوق سطح القاعدة الترابية أو طبقة تحت الأساس ، والنوع الثاني الأكثر شيوعاً هو الرصف المرن ويتكون من عدة طبقات هي تحت الأساس والأساس الحجري أو الحصوي ثم طبقات الرصف الإسفلتية وسوف نستعرض طريقة تصميم الرصف المرن.

٦-٢ الانواع الرئيسية للرصف:

٦-٢-١ الرصفة القاسية: (Rigid Pavement)

و هي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (15 – 30)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 أو على شكل قطع بحيث يبلغ طول كل قطعة ما بين (20 – 50) م للخرسانة العادية ، وقد يصل طول القطعة إلى 300م للخرسانة المسلحة.

٦-٢-٢ الرصفة المرنة: (Flexible Pavement)

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

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

.

العناصر الإنشائية للرصفة المرنة: (Structural Components Of Flexible Pavement)

تتكون الرصفة المرنة من العناصر التالية و الشكل (٦-١) يبين هذه العناصر :

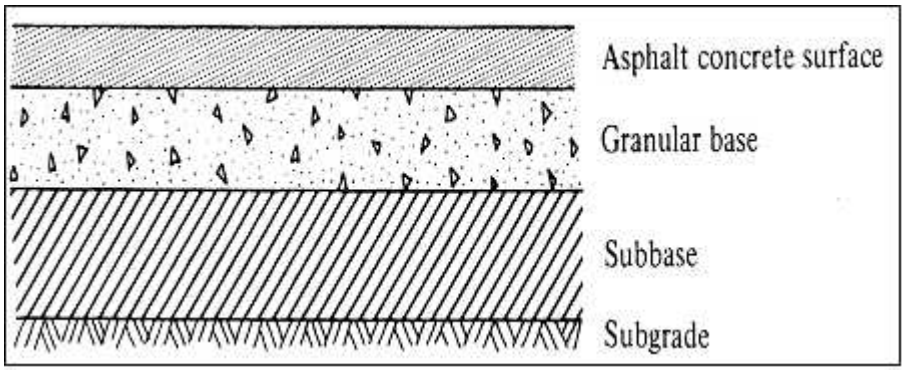
١. **القاعدة الترابية (sub grade)**: و هي عبارة عن المواد المكونة لسطح الطريق المراد عمله او من المواد التي تم قصها من مكان آخر ، وتدمك هذه الطبقة حتى تصل إلى القوة المطلوبة .

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

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

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

،**والشكل** (٦-١) يبين هذه العناصر .



شكل (٦-١):طبقات الرصفة المرنة[٩]

٦-٣ الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.

قمنا بأجراء هذه التجارب في مختبر التربة في جامعة بوليتكنك فلسطين وتتضمن التجارب التالي:

٦-٣-١ تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test):

إن مبدأ التجربة يقوم على أساس دمك التربة بداخل أسطوانة معدنية وهي ما يسمى (**قالب بروكتور**)ويكون **قطر الإسطوانة من الداخل**(١٥.١٧ cm) وارتفاعها (١١.٦٣ cm) حيث نقوم بدمك التربة على خمسة طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة، ويتم دمك كل طبقة بمطرقة خاصة وتابعة للقالب وزنه **٤.٥٤كغم** (9.8 **باوند**) تسقط من ارتفاع طوله قدم واحد (**٤٥.٨سم**) وان عدد الضربات (65 **ضربة**). **وتسمى** مطرقة بروكتور ثم تحسب كثافة التربة ونسبة الماء بها.

٦-٣-١-١ الأدوات المستخدمة:

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

٦-٣-١-٢خطوات العمل:

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

الشكل (٦-٢) : الأعمال المخبرية لتجربة بروكتور.

٦-٣-١-٣ الحسابات:

وتضمنت هذه التجربة القوانين والحسابات التالية:

- ✓ نسبة الماء=w_c
- ✓ وزن القالب فارغ =7747 غرام.
- ✓ نسبة الماء= $\frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن العينة الجافة}}$

- ✓ **الكثافة الرطبة** = $\frac{\text{وزن العينة الرطبة}}{\text{حجم القالب}}$ **والجدول** (٦-١)يبين القراءات للعينات التي تم أخذها في المختبر والكثافة الرطبة لكل منها .
- ✓ **الكثافة الجافة**= $\frac{\text{الكثافة الرطبة}}{1+\frac{\text{نسبة الماء}}{100}}$ **والجدول** (٦-٢)يبين القراءات للعينات التي تم أخذها في المختبر وقيم الكثافة الجافة لكل منها .
- ✓ **وزن الماء**= (وزن العينة الرطبة مع القالب – وزن العينة الجافة مع القالب).
- ✓ وزن العينة الجافة =(وزن العينة الجافة مع القالب – **وزن القالب**).
- ✓ **قطر القالب** = 15.2سم.
- ✓ **ارتفاع القالب** = ١١,٥٨سم .
- ✓ حجم القالب= (نصف القطر)^٢ * π * الارتفاع وبالتالي فإن حجم القالب يساوي (7.6)^2*3.14*11.70 =2123سم٣

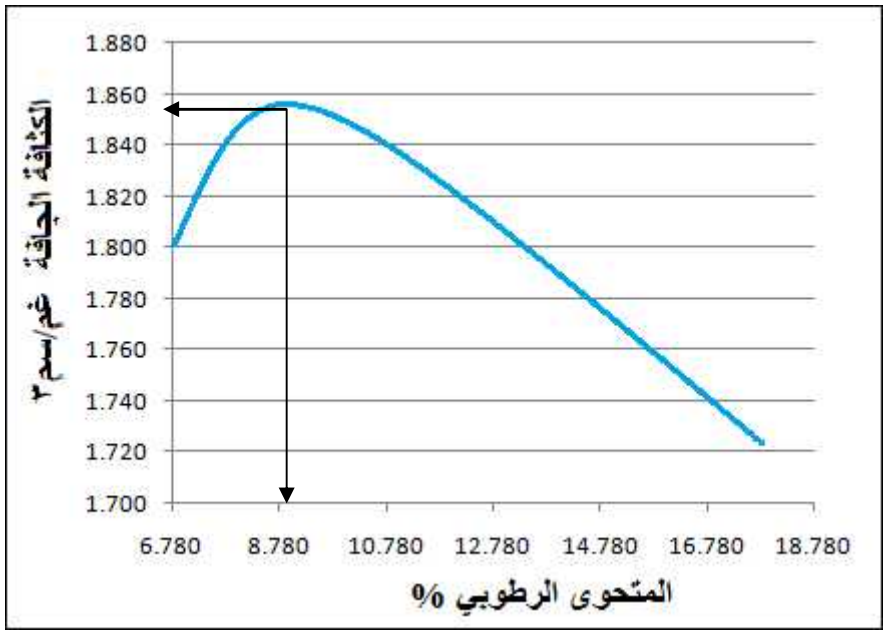
الجدول (٦-١) : الكثافة الرطبة لعينة Base course.

وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	الحجم (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)
12712	4978	2123	2.34
12871	5137	2123	2.41
13231	5497	2123	2.58
12966	5262	2123	2.48
12857	5123	2123	2.41

الجدول (٦-٢): قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة للعينات

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة +التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم٣)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة	الكثافة الجافة (غم/سم٣)
1	B-6	30.91	216.31	204.53	11.78	1.92	173.62	6.785	1.798
2	b-5	31.46	212.11	197.45	14.66	2.02	165.99	8.832	1.856
3	A-6	31.25	180.24	162.46	17.78	2.03	131.21	13.551	1.788
4	e-13	31.61	203.08	179.47	23.61	2.04	147.86	15.968	1.759
5	D-13	29.27	221.38	192.44	28.94	2.03	163.17	17.736	1.724

- من الشكل (٦-٣) يظهر أن: نسبة الماء المثالية = ٨.٨٣% و الكثافة الجافة العظمى = ١.٨٥ غم/سم^{٣}



الشكل (٦-٣) :العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(Base cource).

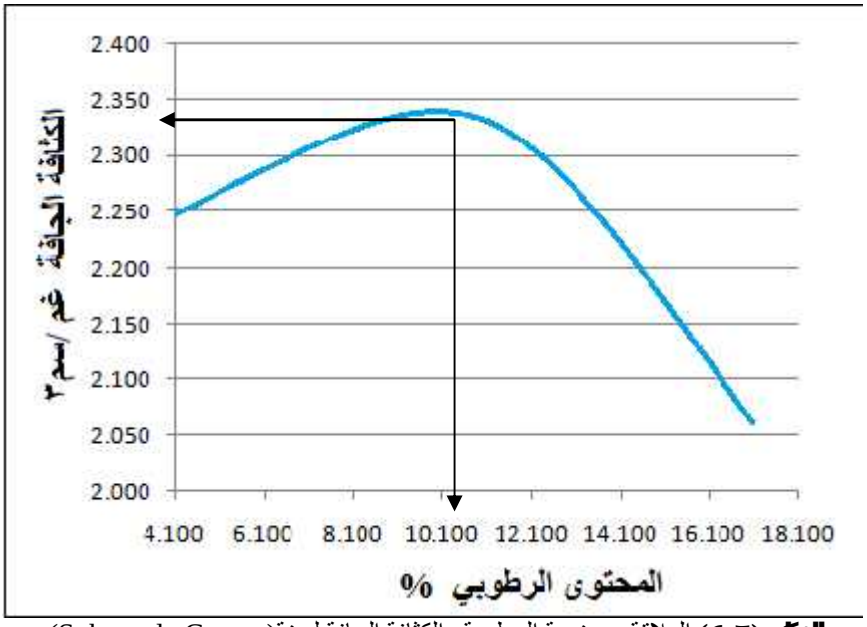
تجربة بروكتور المعدلة عند 00 ضربة لعينة Sub grade:-

الجدول (٦-٣) الكثافة الرطبة لعينة sub grade course.

وزن العينة والقالب	وزن العينة(غم)	حجم القالب(غم)	الكثافة الرطبة(غم/سم^{٣})
9214	4094	2123	1.92
9416	4296	2123	2.02
9451	4312	2123	2.03
9470	4341	2123	2.04
9442	4318	2123	2.03

الجدول (٦-٤) الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة sub grade course.

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (غم/سم^{٣}) γ_w	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة w_s	الكثافة الجافة (غم/سم٣) γ_d
1	B-5	31.46	212.12	205	7.12	2.34	173.54	4.103	2.248
2	B-6	30.91	230.54	220	10.54	2.41	189.09	5.574	2.283
3	A-6	31.25	190.95	176	14.95	2.58	144.75	10.328	2.338
4	D-13	29.2	175.56	157.93	17.63	2.48	128.73	13.695	2.181
5	E-13	31.61	190.29	167	23.29	2.41	135.39	17.202	2.056



الشكل (٦-٤) العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(Sub grade Course).

ومن الشكل (٦-٤) يتبين أن نسبة الرطوبة المثالية = ١٠.٣٢٨ % والكثافة الجافة العظمى ٢.٣٣ = غم/سم

٦-٣-٢ تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) (California Bearing Ratio Test):

تقاس نسبة تحمل كاليفورنيا CBR بمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس إسطواني مساحة مقطعة 1963ملم٢ عندما تسلط علية قوة بمعدل منتظم.لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لإحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20ملم.

٦-٣-٢-١ الأدوات المستخدمة:

١- منخل رقم 20 ملم (3/4") .
٢- قالب معدني اسطواني قطرة الداخلي 152 ملم وارتفاعه الداخلي 178 ملم مع قاعدة وصفيحة علوية وحلقة إضافية ارتفاعها 50 ملم توضع في حالة تعبئة القالب أثناء الرص.
٣- مكبس اسطواني معدني نهايته السفلية من المعدن الصلب بمساحة 1963ملم٢ وطول 250ملم.
٤- جهاز ضغط يعطي القوة المطلوبة على المكبس بمعدل منتظم، وجهاز لقياس القوة وجهاز آخر لقياس قيمة الغرز للمكبس بداخل العينة.
٥- مطرقة بروكتور المعدلة التي وزنها 4.54كغم (10باوند).
٦- أداة لقياس حركة أعلى العينة عند الغمر بالماء.
٧- ميزان يزن لغاية 25 كغم.
٨- جهاز إخراج العينات.
٩- حوض ماء، سكين بدون حافة، ورق ترشيح.

٦-٣-٢-٢ طريقة العمل:

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

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

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

٣- يجهز القالب الأسطواني الأول (قالب بروكتور المعدل) مع قاعدته ، تثبت الحلقة وتوضع ورقة ترشيح في قاع القالب ، توزن كتلة من العينة وتقسم إلى خمسة أقسام متساوية بالوزن . يرص كل قسم بداخل القالب مع وجود الحلقة 10 ضربات بواسطة مطرقة بروكتور المعدلة (وزن 4.5كغم وارتفاع هبوطها 45.8سم) ، وتوزع الضربات على سطح الطبقة بشكل منتظم بحيث تكون الطبقة الأخيرة ملامسة للسطح ومرتفعة قليلا عنة ، تزال الحلقة ويسوى سطح العينة مع وجه القالب باستعمال سكين غير حادة.

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

القالب الثاني: 25ضربة لكل طبقة.

القالب الثالث: ٦٥ ضربة لكل طبقة.

٥- يوضع القالب الأول في جهاز الغرز محتويا على العينة مع وجود القاعدة وسطح العينة إلى الأعلى ، وعن طريق غرز المكبس بمعدل 1 ملم/دقيقة يتم تسجيل الحمل عند غرز مقداره (1،2،3،4،5،6،7،8،9،10،11،12،13) ملم ، وأثناء الغرز يجب وضع قرص دائري فوق المادة الجاري تجربتها وثقل هذا القرص يعادل سمك الرصف المنتظر فوق هذه المادة في الطبيعة، والشكل (٦-٥)يبين الجهاز المستخدم في هذه التجربة .

شكل (6-5) الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).

٦-٣-٢-٣ الحسابات:

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

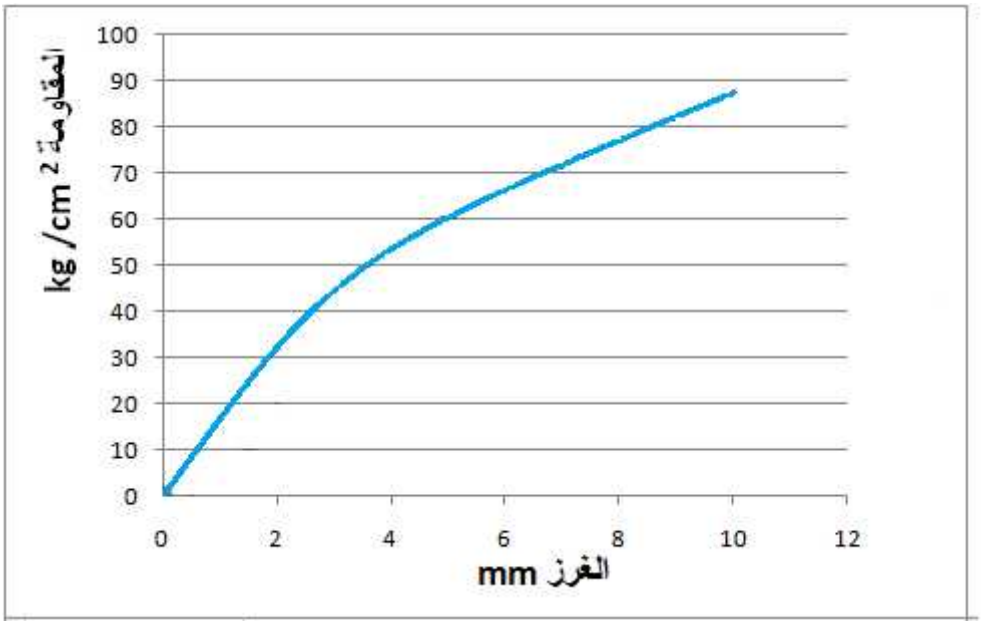
وبهذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة أعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الأفقي (محور الغرز) ثم يزاح المنحنى إلى اليسار حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الأصل وهذا يعطي المنحني الذي يمكن اخذ قيمة ل CBR منه ،والأشكال (٦-٦)و(٦-٧) تبين منحنى العلاقة بين قيمة الغرز والمقاومة لكل من عينة التربة والبيسكوس.

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

الجداول (٦-٥)و (٦-٦) تبين قيم المقامة وCBR لكل من عينة التربة والبيسكوس .

الجدول (٦-٥): العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٥٦ضربة لعينة التربة

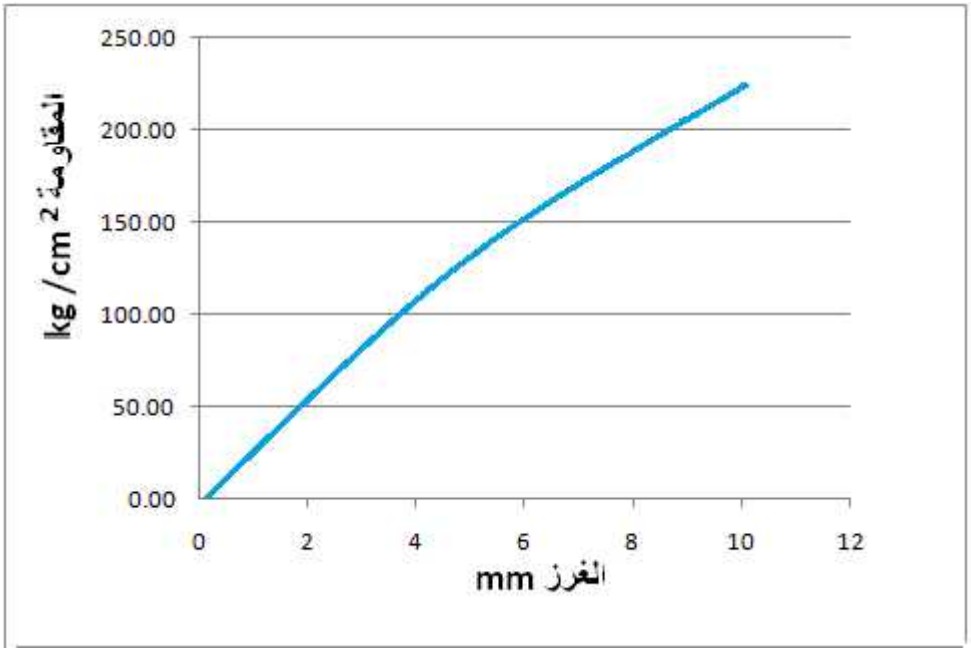
الغرز (mm)	المقاومة المثالية للغرز kg/cm2	الحلى (div)	المقاومة kg/cm2	بعد تعديل محنى المقاومة	C.B.R %
0		0	0.5		‘
0.5		15	1.94		
1		45	5.82		
1.5		85	10.99		
2		145	18.76		
2.5	70.35	260	33.64	33.64	47.81%
3		350	45.28		
4		405	52.40		
5	105.35	465	60.13	61.10	58.00%
6		510	65.99		
7		565	73.12		
8		605	78.28		
9		645	83.45		
10		675	87.34		



الشكل (٦-٦): المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند 56ضربة لعينة التربة

الجدول (٦-٦): العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٥٦ ضربة لعينة البيسكوس

الغرز (mm)	المقاومة المثالية للغرز kg/cm2	الحمل (div)	المقاومة kg/cm2	بعد تعديل منحنى المقاومة	C.B.R %
0		0	0.00		‘
0.5		65	8.41		
1		150	19.40		
1.5		225	29.10		
2		350	45.26		
2.5	7.35	560	72.42	72.42	68.75%
3		680	87.94		
4		890	115.10		
5	105.35	980	126.74	126.35	120%
6		1110	143.55		
7		1260	162.95		
8		1460	188.82		
9		1600	206.92		
10		1715	221.80		



الشكل (٦-٧): المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٥٦ ضربة لعينة البيسكوس

٦-٤ تصميم الرصفة المرنة :

حيث تم اتباع طريقة AASHTO لتصميم الرصفة المرنة .

٦-٤-١ حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load)

عند تصميم أي طريق يجب أن تكون بيانات أحجام وأحمال المرور المتوقعة متوفرة لعملية التصميم الإنشائي للطريق وقد تم أخذ أحجام المرور الواقعة على طريق المشروع من الفصل السابق(حجم المرور).

٦-٤-١-١ الحمل المكافئ لمحور مفرد:

يعرف الحمل المكافئ لمحور مفرد على أنه حمل قياسي على محور مفرد يسبب أثراً في الرصف عند موضع محدد فيه مساوياً لما يسببه حمل المحور المعني في نفس الموضع المحدد.

٦-٤-١-٢ معامل حمل المحور المكافئ:

المعامل المكافئ لحمل المحور لمركبة ما هو نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة على رصف معين إلى التأثير الذي يحدثه مرور الحمل المحوري المفرد القياسي على نفس الرصف. ويتم التعبير عن عدد مرات تكرار الحمل الذي يؤدي إلى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلابة طبقة الرصف، ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الإنشائي(SN) ويكون مستوى الخدمة النهائي (PT) للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) مساويا"٢.٥ والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا" ٢.٠٠. بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين ٤.٢إلى٤.٥تبعاً لجودة التنفيذ، القيمة النهائية هي أقل مستوى حالة يسمح به في نهاية فترة التحليل وذلك قبل اللجوء لعمل أي نوع من أنواع الصيانة الجسيمة كالتغطية أو إعادة الإنشاء .

حيث أن:

PSI= present Serviceability index

وتتراوح قيمتها من ٠ إلى ٥، وتشتمل على الآتي:

.(Initial serviceability index (pi) & terminal serviceability index (Pt)

Pi =4.5 للظروف الجيدة.

Pt= 2.5 للطرق الرئيسية (for major highway) و ٢ للطريق متدني المستوى (for lower class highway).

القيمة الحالية لدليل مستوى حالة الرصف موضحة في المعادلة (٦.١):

$$\Delta PSI=pi-pt=4.5-2.5\rightarrow 2 \quad \ldots\ldots(6.1)$$

أما المحور القياسي فمقـداره ١٨٠٠٠رطل (٨٠٠٠٠ كيلو نيوتن) **وباستخدام** قيم المعاملات المكافئة لأحمال المحاور التي تمر على الطريق خلال الفترة التصميمية وتبعاً لمعامل النمو وحجم المرور اليومي **مصنفاً حسب** نوع المركبات ونسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية يتم حساب قيمة الحمل التصميمي المكافئ على الطريق **من العلاقة** (٦.٢).

حيث أن :

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \quad \text{.....(6.2)}$$

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

$f_{d:}$ design lane factor.

G_f: growth factor.

AADT: first year annual average daily traffic.

N_i : number of axles on each vehicle.

f_E : load equivalency factor

- ويتم الحصول على قيمة f_d **من الجدول**(٦-٧).

جدول (٦-٧) : نسبة المركبات في المسرب الواحد[9]

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

- أما الطريق المراد تصميمها فتحتوي على مسربين في الاتجاهين (**أي** مسرب في كل اتجاه) **فتؤخذ** قيمة fd **المقابلة للرقم ٢ من الجدول السابق فتكون** (fd = 50%).

- **أما** قيمة growth factor (Gf) فيتم الحصول عليه من الجدول(٦-٨).

جدول (٦-٨):معامل النمو (Growth factor) [9]

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

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

أما AADT فتؤخذ من جدول حجم المرور رقم (٠-٠) (متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد) = ٥٢٨٠ سيارة / يوم.

وبعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات **ومتوسط عدد المركبات لكل**ساعة من الجداول (٦-٩) و(٦-١٠).

جدول (٦-٩): تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor)[9]

Gross Axle Load		Load Equivalency factor		Gross Axle Load		Load Equivalency factor	
KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle	KN	Ib	Single Axle	Tandem Axle
4.45	1,000	0.00002		182.5	41,000	23.27	2.29
8.9	2,000	0.00018		187.0	42,000	25.64	2.51
13.35	3,000	0.00072		191.3	43,000	28.22	2.75
17.8	4,000	0.00209		195.7	44,000	31.00	3.00
22.25	5,000	0.00500		200.0	45,000	34.00	3.27
26.7	6,000	0.01043		204.5	46,000	37.24	3.55
31.15	7,000	0.01960		209.0	47,000	40.74	3.85
35.6	8,000	0.03430		213.5	48,000	44.50	4.17
40.0	9,000	0.0562		218.0	49,000	48.54	4.51
44.5	10,000	0.0877	0.00688	222.4	50,000	52.88	4.86
48.9	11,000	0.1311	0.01008	226.8	51,000		5.23
53.4	12,000	0.189	0.0144	231.3	52,000		5.63
57.8	13,000	0.264	0.0199	235.7	53,000		6.04
62.3	14,000	0.360	0.0270	240.2	54,000		6.47
66.7	15,000	0.478	0.0360	244.6	55,000		6.93
71.2	16,000	0.623	0.0472	249.0	56,000		7.41
75.6	17,000	0.796	0.0608	253.5	57,000		7.92
80.0	18,000	1.00	0.0773	258.0	58,000		8.45
84.5	19,000	1.24	0.0971	262.5	59,000		9.01
89.0	20,000	1.51	0.1206	267.0	60,000		9.59
93.4	21,000	1.83	0.148	271.3	61,000		10.20
97.8	22,000	2.18	0.180	275.8	62,000		10.84
102.3	23,000	2.58	0.217	280.2	63,000		11.52
106.8	24,000	3.03	0.260	284.5	64,000		12.22
111.2	25,000	3.53	0.308	289.0	65,000		12.96
115.6	26,000	4.09	0.364	293.5	66,000		13.73
120.0	27,000	4.71	0.426	298.0	67,000		14.54
124.5	28,000	5.39	0.495	302.5	68,000		15.38
129.0	29,000	6.14	0.572	307.0	69,000		16.26
133.5	30,000	6.97	0.658	311.5	70,000		17.19

138.0	31,000	7.88	0.753	316.0	71,000	18.15
142.3	32,000	8.88	0.857	320.0	72,000	19.16
146.8	33,000	9.98	0.971	325.0	73,000	20.22
151.2	34,000	11.18	1.095	329.0	74,000	21.32
155.7	35,000	12.5	1.23	333.5	75,000	22.47
160.0	36,000	13.93	1.38	338.0	76,000	23.66
164.5	37,000	15.50	1.53	342.5	77,000	24.91
169.0	38,000	12.20	1.70	347.0	78,000	26.22
173.5	39,000	19.06	1.89	351.5	79,000	27.58
178.0	40,000	21.08	2.08	365.0	80,000	28.99

جدول (٦-١٠): متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة

الأيام	متوسط عدد المركبات لكل ساعة		
	Passenger	**2-axle**	**3-axle**
الأحد	171	18	2
الاثنين	165	14	1
الثلاثاء	177	21	2
المتوسط	**١٧١**	**١٨**	**٢**
النسبة المئوية من العدد الكلي	89.5%	9.4%	1.0%

ايضا تم الحصول من الفصل السابق(**حجم المرور**) على معدل المرور اليومي وكان (**٥٢٨٠**) سيارة\يوم

- Passenger cars (10 kN / axle) = 89.5%
- 2-axle single-unit busses (100 kN / axle) = 9.5%
- 3-axle single-unit trucks (110 kN / axle) =1.0%

وبعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على هذه الأحمال من الجداول السابقة بإستخدام (**interpolation**).

- ✓ Load equivalency factor for a cars ($f_{E(car)}$) = 0.0003135 (single axle)
- ✓ Load equivalency factor for a busses ($f_{E(2\text{-}axle)}$) = 0.198089 (tandem axle)
- ✓ Load equivalency factor for a trucks ($fE_{(3\text{-}axle)}$) = 0.29419 (tandem axle)

وبعد ذلك تحسب قيمة (ESAL) **لكل نوع من أنواع المركبات حسب المعادلة** التالية كل **على حده ومن** ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL) **كما في المعادلة** (٦.٣).

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \quad \text{.....(6.3)}$$

$ESAL_{car}$ =0.5 * 29.78 * 5280 *0.895 * 365 * 2 * 0.0003135 = 16103.195

$ESAL_{buss}$ = 0.5 * 29.78 * 5280 * 0.095* 365 * 2 *0.198089 =1080029.07

$ESAL_{truck}$ = 0.5 * 29.78 * 5280* 0.010 * 365 * 3 *0.29419 =253262.35

$ESAL_{total}$ = 1349394.61

٦-٤-٢ حساب سماكة طبقات الرصف:

الهدف من طريقة التصميم المستخدمة هو إيجاد طبقات رصف لها رقم إنشائي (SN) كافي لتحمل الأحمال التي يتعرض لها الطريق.

٦-٤-٢-١ معامل الرجوعية (Mr):

يعتبر معامل الرجوعية مقياساً لمقاومة أي طبقة من طبقات القطاع الإنشائي للرصف والتي يمكن تحديدها بدءاً من طبقات تربة التأسيس فالأساس المساعد ثم الأساس فطبقات الرصف الإسفلتية ويتم إيجاد قيمة هذا المعامل عن طريق إجراء التجارب المخبرية المناسبة لكل طبقة وحسب نوع المواد المستخدمة في هذه الطبقات ،وعموماً في حالة عدم التمكن من إجراء مثل هذه التجارب يمكن تقدير قيمة تقديرية لهذه المعاملات بناء على نتائج اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي تعتبر من التجارب الشائعة في معظم معامل الطرق ، فبالنسبة لتربة التأسيس تكون العلاقة بين معامل الرجوعية (Mr) ونسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) كالآتي :

for CBR of 10 or less

Mr (lb/in2) = 1500 CBR ……..….....(6-4)

for R of 20 or less

Mr (lb/in2) = 1000+ 555xR value ……..……..(6-5)

حيث :R معامل الموثوقية

ومما يجب التنبيه له أن هذه العلاقة قابلة للتطبيق للتربة التي تقل نسبة تحمل كاليفورنيا عن ١٠٪ وفي حالة كون CBR (10%) فأكثر فيمكن تحديدها بدقة عن طريق إجراء تجربة معامل الرجوعية وبالنسبة لطبقات الأساس من المواد الحصوية فيمكن استخدام قيم معامل الرجوعية المقابلة لنسب تحمل كاليفورنيا المقابلة لها والمبينة في الجدول (٦-١١).

جدول رقم (٦-١١) معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr).

جدول رقم (٦-١١) معامل طبقة الأساس الحصوية[9]

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)	معامل قوة الأساس (A2)	MR رطل / بوصة ٢
20	-	-
25	-	-
30	-	-
40	0.105	21000
55	0.120	25000
70	0.130	27000
100	0.140	30000

وبالنسبة لطبقات الرصف السطحية المكونة من الخلطات الإسفلتية يقدر معامل الرجوعية لها بناء على قيم الثبات لتجربة مارشل (Marshall) أو قيم التماسك في اختبار فييم (Hveem) لهذه الطبقات حسب ما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (٦-١٢) معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة C٢٠.

جدول (٦-١٢) معامل طبقة الخلطة الإسفلتية[9]

معامل المرونة رطل / بوصة٢	ثبات مارشل رطل	معامل قوة الطبقة الإسفلتية	التماسك HVEEM
125.000	500	0.22	80
150000	750	0.25	95
200000	975	0.30	120
250000	1200	0.33	130
300000	1400	0.36	155
350000	1600	0.39	175
400000	1900	0.42	190

٦-٤-٢-٣ الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation):

وبعود إلى التباين في توقعات حركة المرور والاختلاف في أداء رصفة الطريق خلال فترة تجهيز التصميم ويتم الحصول عليها من الجدول (٦-١٣):

جدول (٦-١٣) الانحراف المعياري حسب نوع الطريق[9] :

نوع الطريق	S_o
طريق مرنة (Flexible pavement)	٠.٤-٠.٥
طريق صلبة (Rigid Pavement)	٠.٣-٠.٤

وبما أن الطريق مرنة، تم اعتبار قيمة الانحراف المعياري مساوية (٠.5).

3-2-4-6 الرقم الإنشائي (SN):

وهو عبارة عن رقم دليلي ناتج من تحليل المرور وتربة التأسيس والقدرة على تصريف المياه من الطبقات والذي يمكن تحويله إلى سمك الطبقات المختلفة لطبقات الرصف المرن عن طريق استخدام معاملات الطبقات والتي تعتمد على أنواع المواد المستخدمة في طبقات الرصف المختلفة ومعامل الطبقة يعرف برمز a2 , a1 لطبقات السطح والأساس على الترتيب وهو عبارة عن العلاقة بين الرقم الإنشائي للرصف وسمك الطبقة بالبوصة وهو يمثل القدرة النسبية **للمادة المستخدمة في كل طبقة من طبقات الرصف والتي تشارك في القوة** الإنشائية لقطاع الرصف ككل ويتم توزيع الرقم الإنشائي(SN) **كالآتي**:

SN = a1 D1 + a2 m D2 + a3 m D3…………………………………..…………(6.5)

حيث **D3, D2, D1** هي سمك الطبقات المختلفة بينما **m تمثل معامل** تصريف الأمطار **من طبقة الأساس ومعامل الطبقة لطبقة الأساس (a2)** يمكن ربطه مباشرة بنتائج اختبارات تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي يتم إجراؤها تحت أسوأ الظروف المتوقعة في الموقع وذلك كما سبق ذكره في جدول رقم (٦-١١) حيث يوضح قيم **المعامل المقابل** لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا **لطبقة الأساس** ، أما معامل الطبقة السطحية الإسفلتية فيتم ربطه بمقدار معامل الرجوعية لها عند درجة حرارة 20 مئوية . يبين جدول (٦-١٢) قيم هذا المعامل المقابل لقيم **مختلفة من معامل المرونة أما المعامل m و**الذي يعكس مقدرة طبقتي الأساس على تصريف الأمطار فيتم تقديرها على أساس سرعة تصريف المياه من الطبقة وعموماً يمكن القول إن درجة التصريف جيدة إذا تم التخلص من المياه خلال 24 ساعة أما إذا احتفظت الطبقة بالمياه لمدة شهر فتعتبر درجة التصريف ضعيفة **كما** هو موضح في الجدول (٦-١٤).

جدول (٦-١٤) تعريف جودة التصريف:

تزل الماء خلال:	**جودة التصريف**
ساعتين	ممتاز
يوم واحد	جيد
أسبوع واحد	مقبول
شهر واحد	ردئ
الماء لا تتصرف	ردئ جدا

أما قيمة (m) فيتم تحديدها حسب ظروف التشغيل **والجدول** (٦-١٥) يبين ذلك:

الجدول(٦-١٥) معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi):

PERCENT OF TIME PAVEMENT STRUCTURE IS EXPOSED TO MOISTURE LEVELS APPROACHING SATURATION				
quality of drainage	less than 1 percent	1-5 percent	5-25 percent	greater than 25 percent
excellent	1.40-1.35	1.35-1.30	1.30-1.20	1.2
good	1.35-1.25	1.25-1.15	1.15-1.00	1
fair	1.25-1.15	1.15-1.05	1.00-0.80	0.8
poor	1.15-1.05	1.05-0.80	0.80-0.60	0.6
very poor	1.05-0.95	0.95-0.75	0.75-0.40	0.4

بالنسبة لطريق المشروع تتصرف المياه عن سطح الطريق خلال أسبوع واحد وبمستوى رطوبة (Moisture level) **مساوي** 30% ، أي أن قيمة mi مساوية 8..٠

4-2-4-6 موثوقية تصميم الرصفة المرنة:

يرمز لها بالرمز R أي (Reliability) وهي التي تحدد مستويات الضمان لمقاطع الطريق المصممة لبقائها على قيد الحياة خلال الفترة التصميمية والجدول (٦-١٦) يوضح مستويات الموثوقية لأنواع مختلفة من الطرق:

جدول (٦-١٦) مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق:

Functional Classification	Recommended Level of Reliability	
	Urban	Rural
Interstate and Other Freeways	85 - 99.9	80 - 99.9
Principal Arterials	80 - 99	75 - 95
Collectors	80 - 95	75 - 95
Local	50 - 80	50 - 80

على اعتبار ان طريق التصميم طريق شرياني وبالتالي فان مستوى الموثوقية مساوي 99.٠

والجدول (٦-١٧)يوضح الانحراف المعياري(ZR) في قيم الموثوقية لتصميم الرصفة المرنة:

جدول (٦-١٧) قيم ZR بالرجوع لمقدار الموثوقية:

RELIABILITY (R%)	STANDARD NORMAL DEVIATION (ZR)
50	0
60	-0.253
70	-0.524
75	-0.674
80	-0.841
85	-1.037
90	-1.282
91	-1.34
92	-1.405
93	-1.476
94	-1.555
95	-1.645
96	-1.751
97	-1.881
98	-2.054
99	-2.327
99.9	-3.09
99.99	-3.75

وبأخذ مقدار الثقة 99% ،فإن قيمة (ZR) تساوي **-2.327**.

والجدول (٦-١٨) يبين المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن:

جدول (٦-١٨) المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن .

الطبقة	نسبة تحمل كاليفورنيا (%)
طبقة التأسيس(Sub grade)	8كحد أدنى
أساس مساعد (Sub –base course)	40كحد أدنى
أساس(Base course)	80كحد أدنى

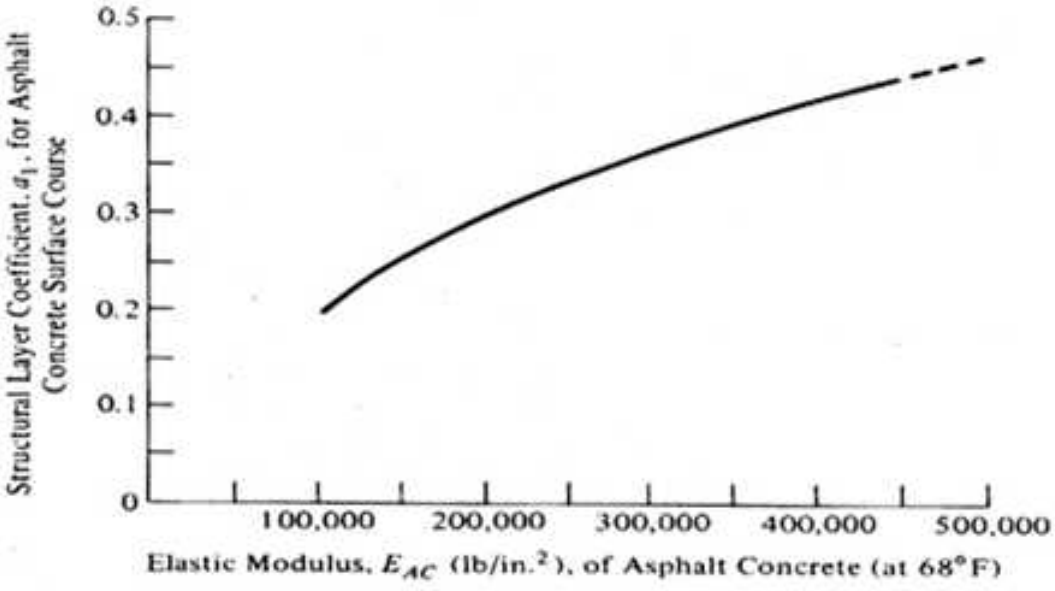
والجدول (٦-١٩) يبين نسبة كاليفونيا للطبقات حسب الفحوصات المخبرية.

جدول (٦-١٩) نتائج الفحوصات المخبرية على الطبقات.

الطبقة	CBR	المادة المستخدمة
Base Coarse	١٢٠	Crushed Stone
Sub grade	٥٨	.....

وبعد مراجعة المشرف تم الاتفاق على اخذ قيمة CBR لطبقة البيسكورس ٨٠ كونها اقل قيمة CBR لمادة البيسكورس المسموح استخدامه في الطرق .

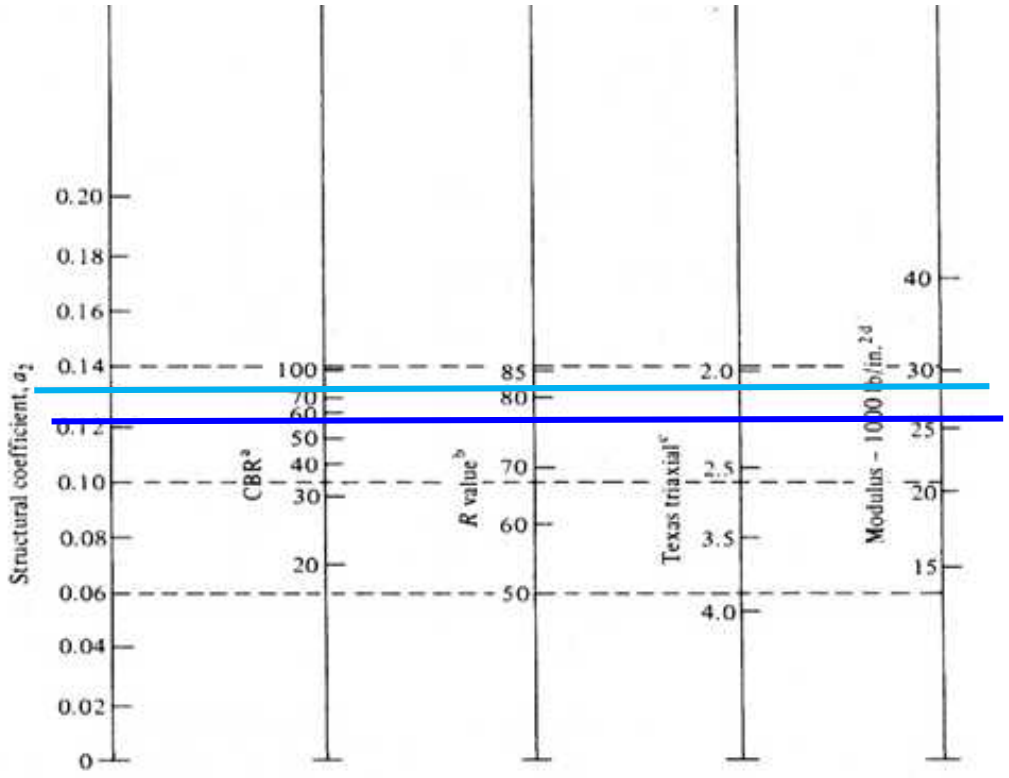
والأشكال (٦-٨) و (٦-٩) تبين طبقة الإسفلت(asphalt) ومعامل طبقة (Base):



شكل (٦-٨) منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a1)[9]

حيث أن قيمة Elastic modules عند درجة حرارة 20 درجة سلسيوس أو 68 فهرنهايت تساوي 500000(Ib/in^2) وبالتالي من الشكل السابق تبلغ قيمة **(a1) 0.46.**

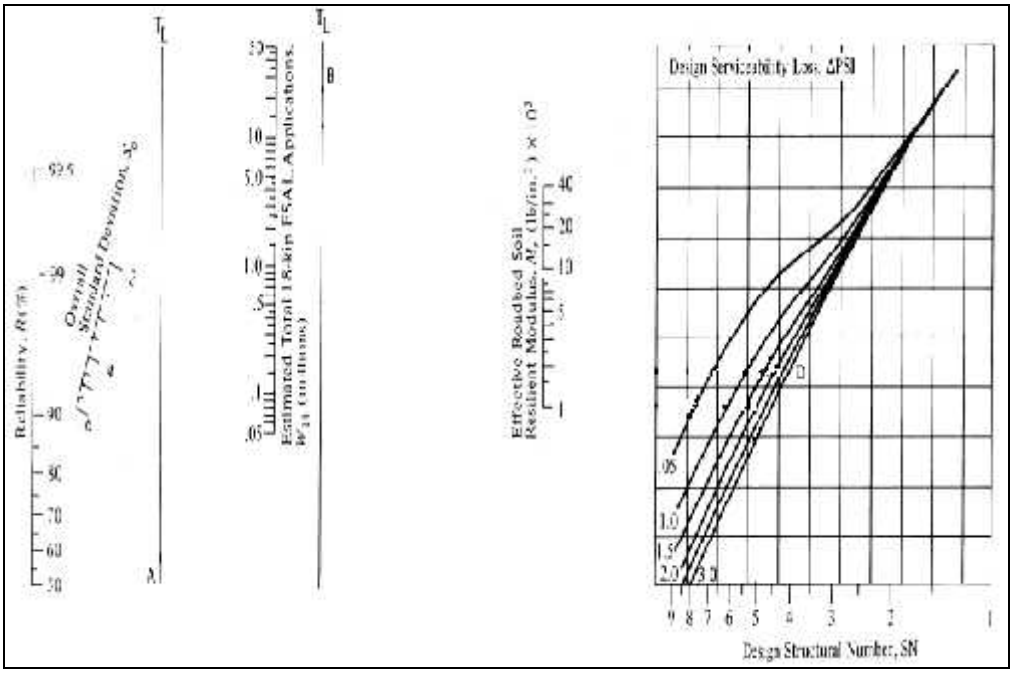
والشكل التالي يبين معامل طبقة (Base) الذي يستوجب معرفة قيمة (CBR)،حيث أن هذه القيمة بعد إجراء التجربة كانت ١٢٠ ، ولكن سوف يتم التصميم في أسوا الظروف في الموقع أي عند قيمة CBR مساوية 80.



شكل (٦-٩) a2 معامل طبقة (Base)[9]

وبما أن قيمة (CBR)مساوية 80،فان قيمة **a2 من الشكل** (٦-٩) تكون مساوية **0.132.**

- ✓ يتم إيجاد الرقم الإنشائي لطبقة (asphalt) **وطبقة** (Base) عن طريق الشكل (٦-١٠):



الشكل(٦-١٠) منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة[9].

- يتم العمل على الشكل (٦-١٠) عن طريق توقيع مقدار الموثوقية (R) المساوي 99%، ثم تم مد خط مستقيم يصل بين مدى الثقة وقيمة الانحراف المعياري المساوي 0.5 ليقطع الخط TL في النقطة (A)،ثم يتم مد خط من النقطة (A) ليقطع النقطة (B) عند قيمة ESAL المحسوبة سابقا والمساوية (1349394.61) ثم نمد خط من B ليقطع منحنى SN ويمر في قيمة Mr للطبقات والتي تم الحصول علها من قيم CBR من الجدول (٦-١١)،ثم يتم مد خط مستقيم ليقطع منحنى (2) وهو عبارة عن قيمة ΔPSI المحسوبة سابقا" ،ثم يتم قراءة قيمة (SN).

- إيجاد(SN) لطبقة (asphalt):

R= 99

S_0=٠.5

ESAL= 1349394.61

CBR = 80 ومن الجدول رقم (٦-١١) يتم ايجاد قيمة Mr حيث أن :

CBR at(70) = 27000

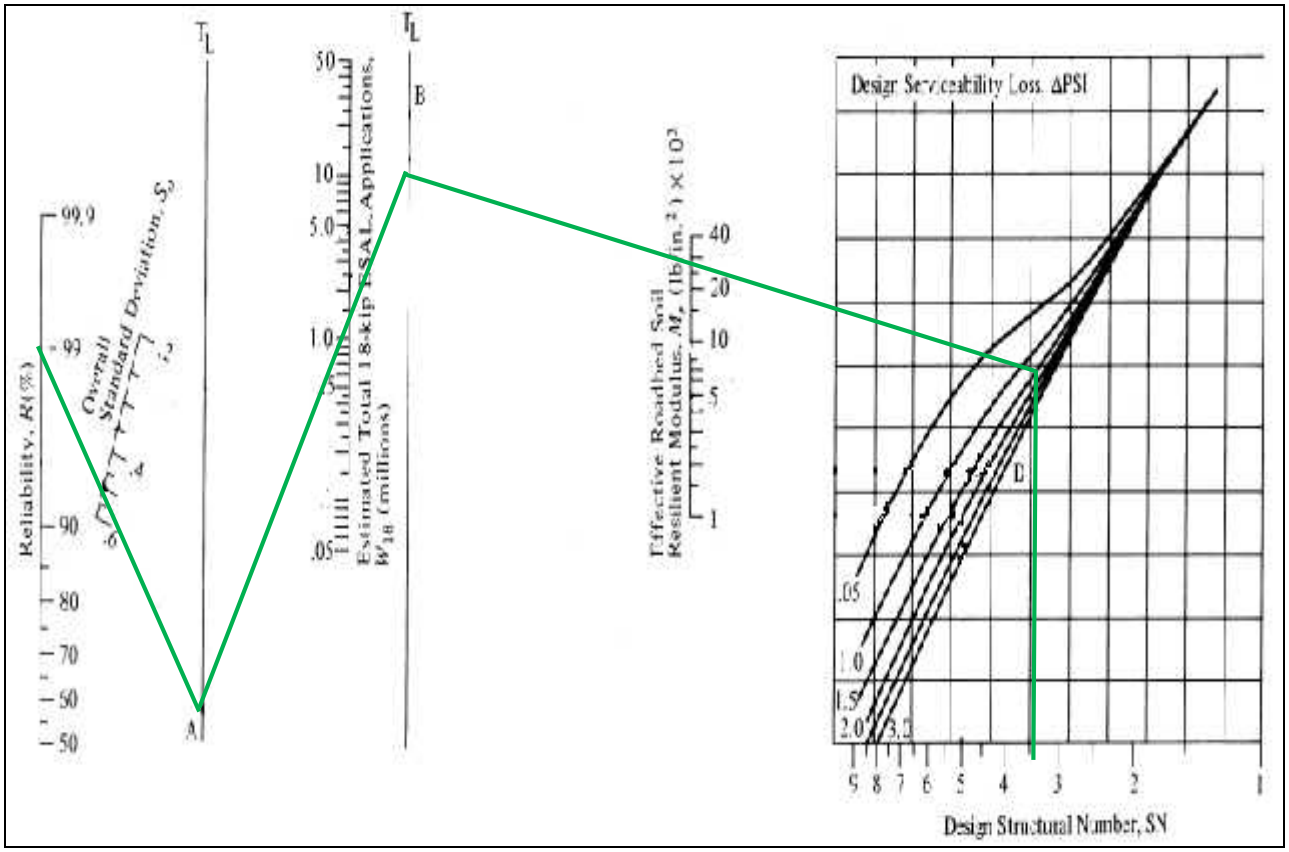
CBR at(80) = ?

CBR at(100) = 30000

يتم إيجاد قيمة (Mr at CBR=80) عن طريق عمل (Interpolation) كما يلي:

$$\frac{80-70}{x-27000} = \frac{100-70}{30000-27000}$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة الاسفلت (asphalt) تساوي 28000 Psi، ومن الشكل (٦-١١) يتم تحديد(SN_1):



الشكل(٦-١١) منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN1

من الشكل (٦-١١) يتضح أن قيمة **SN1** تساوي **3.3**

والشكل (٦-١٢) يوضح قيمة (SN_2):

R= 99

S_0=٠.5

ESAL=1349394.61

CBR = 80 ومن الجدول رقم (٦-٥) يتم ايجاد قيمة Mr حيث أن:

CBR at(70) = 27000

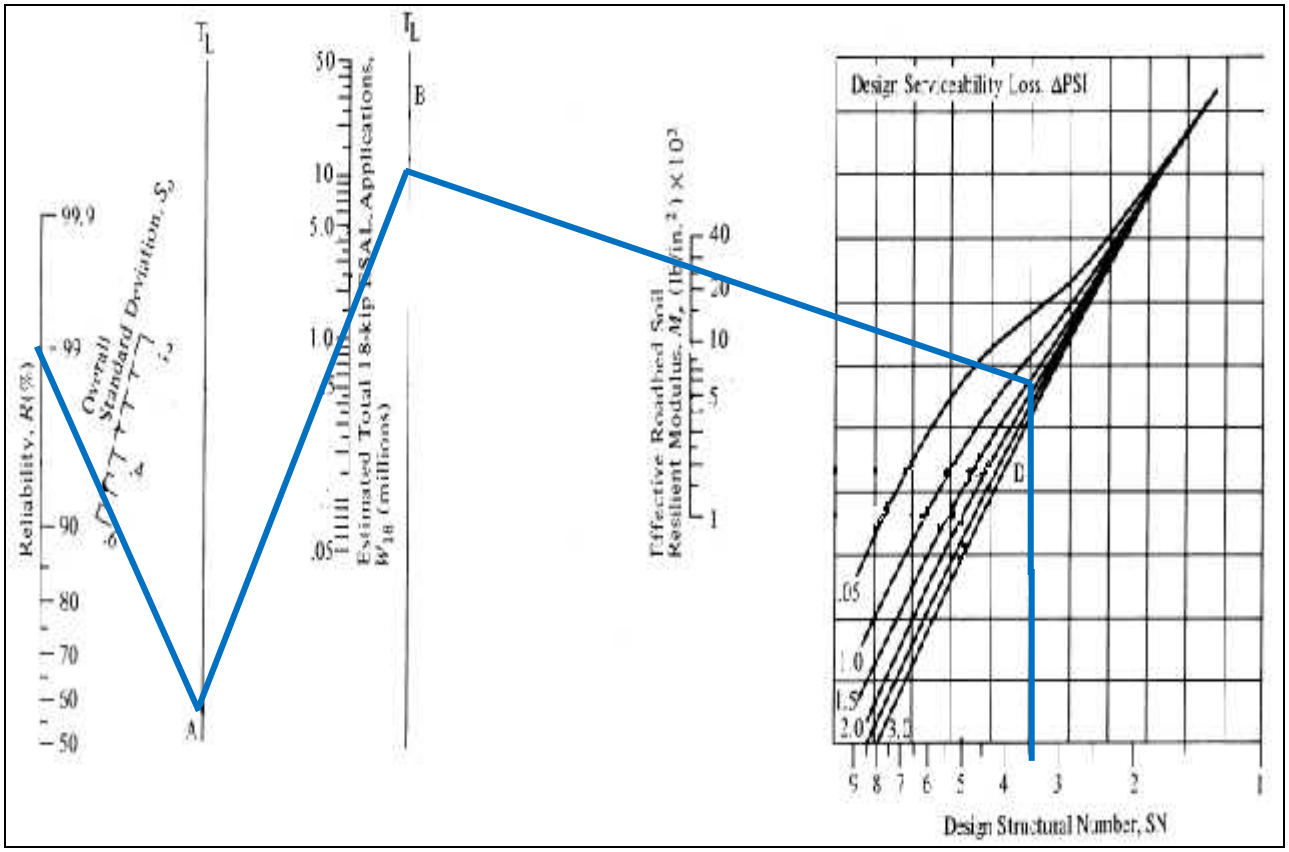
CBR at(58) = ?

CBR at(55) = 25000

يتم إيجاد قيمة (Mr at CBR=58) عن طريق عمل (Interpolation) كما يلي:

$$\frac{58-55}{x-25000} = \frac{70-50}{27000-25000} \rightarrow X = 25300$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة البيسكورس تساوي Psi ٢٥٣٠٠، ومن الشكل (٦-١٢) يتم تحديد(SN_2):



شكل (٦-١٢) منحنى إيجاد قيمة (SN2)

من الشكل (٦-١٢) يتضح أن قيمة **SN2** تساوي **3.4**

حسابات سماكة طبقات الرصفة المرنة :

$$D1 = \frac{SN1}{a1}$$

$$D1 = \frac{3.3}{0.46} = 7.17 \text{ in}$$

D1= 7.6*2.54=18.22 cm

Take D1=10 cm

$SN_1 = a_1 * D1$

SN1=0.46*4 → 1.84 in

$SN_2 = SN_1 + a2\ m\ D2$

$$D2 = \frac{SN2 - SN1}{a2m}$$

$D2=\frac{3.4-1.84}{0.132*0.8}$ =14.67 in

D2= 37.522 cm

Take D2 = 38cm → 14.96 in

SN2 = 1.84 + 0.132*0.8*14.96 → 3.42

SO (3.42 > 3.4)

الجدول (٦-٢٠) يبين سماكة طبقات الرصفة المرنة التي حصلنا عليها .

جدول (٦-٢٠)سماكة طبقات الرصفة المرنة

الطبقة	السمك (سم)
Asphalt	**١٠**
Base corse	**38**

الفصل السابع

تصريف مياه الأمطار عن الطرق

7-1 مقدمة.

7-2 أهمية تصريف المياه.

7-3 متطلبات تصرف المياه عن الطريق.

7-4 مكونات شبكة تصريف مياه الأمطار.

7-5 كميات مياه الأمطار.

7-6 الحفر والردم للخنادق.

7-7 القطاع الجانبي (The profile).

7-8 تصميم شبكة تصريف مياه الأمطار.

تصريف المياه عن الطرق

٧-١ مقدمة:

يشكل الماء خطرا كبيرا على الطريق سواء سقط الماء على سطح الطريق أو سال عليها من الجوانب، إن الماء الذي يسقط على سطح الطريق يخرب هذا السطح ويضعفه فانه يتسرب بين الإسفلت وحبات الحصمة ويشكل حاجزا بينها وعندما تسير السيارات على الطريق فان العجلات تقتلع حبات الحصمة بسهولة وتتكرر العملية من تسرب الماء وخلخلة الحبات واقتلاعها حتى يزداد الخراب مما يحدث حفرا تتجمع فيها المياه من هنا كانت أهمية تصريف المياه، والتي تعني التخلص من المياه والتحكم في مسيرها داخل نطاق حرم الطريق سواء كانت مياه سطحية أو مياه جوفية، ولذلك فان عملية إنشاء مصارف سطحية ومصارف مغطاة يعتبر ضرورة لابد من أخذها في الاعتبار عند التصميم والإنشاء.

٧-٢ أهمية تصريف المياه:

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

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

إذا انخفضت درجات الحرارة فان الماء المتواجد في التربة يتجمد والتجمد يزيد من حجم التربة، وعند ذوبان الجليد فان التربة تكون في اضعف حالاتها مما يسبب هبوط الطبقات الإسفلتية تحت تأثير ثقل لسيارات.

ليس من الضروري أن تتسرب المياه من خلال شقوق في الطبقة الإسفلتية بل من الممكن أن تأتي المياه من المناطق العالية المجاورة للطريق خاصة عند هطول الامطار مما يؤدي إلى تجمعها في باطن الأرض وقد ترتفع المياه لتصل إلى السطح الترابي بتأثير خاصية الشعرية فان هذه المياه تتحرك وتصل إلى السطح الترابي وتضعفه.

وأخيرا فان المياه التي تنساب من الطرق المجاورة وتصل الى طريق المشروع تستطيع أن تخرب الطريق وتجرفها وتعمل على تأكلها وانهيارها، إن لم تتم حماية الطريق من هذه المياه.

ومما سبق يتبين ضرورة تصريف المياه عن الطريق.

٧-٣ متطلبات تصرف المياه عن الطريق:

١- تصريف الماء عن سطح الطريق وذلك بعمل ميلان في سطح الطريق (Cross Slope) و تكون نسبة الميلان عادة 2% وتزداد كلما كان السطح خشنا، أما ميلان سطح الطريق عند المنعطفات (التعلية – Super Elevation)، فيكون باتجاه واحد.

٢- قطع الطريق أمام المياه السطحية المتجهة من الأراضي المحيطة إلى حرم الطريق.

٣- تصميم وإنشاء الخنادق الجانبية الواسعة ذات الانحدار الكافي لتصريف المياه.

٤- منع المياه المتساقطة على سطح الطريق من النفاذ إلى داخل جسم الطريق، وذلك بجعل سطح الطريق غير مسامي لا تنفذ من خلاله المياه مع إغلاق الشقوق التي تظهر في السطح بأسرع ما يمكن.

٥- يجب أن يكون قطاع المصارف الجانبية المكشوفة ذات سعة وانحدار طولي مناسبين لصرف المياه المتجمعة.

٦- يجب أن لا تتسبب المياه السطحية المارة على سطح الطريق وعلى الميول الجانبية في تكوين حفر عرضية أو نحر بالتربة.

٧- يجب أن لا يزيد منسوب المياه الأرضية عن حد معين بالنسبة لاخفض نقطة لقطاع الرصف و المسافة الرأسية بين المنسوبين يجب أن لا تقل عن 1.2 متر .

٨- منع وصول المياه للطريق من التلال و المساحات القريبة من المنطقة، وذلك بعمل أفنية طولية موازية للطريق تتجمع فيها المياه وتنقلها بعيدا عن الطريق.

٩- بناء الاطاريف و البالوعات اللازمة في جمع وتصريف المياه.

٧-٤ مكونات شبكة تصريف مياه الأمطار[8]:

1 - أنابيب لجمع مياه الأمطار بأقطار مختلفة تعتمد على الجاذبية الأرضية ويجب أن تتوفر المواصفات التالية في الأنابيب:

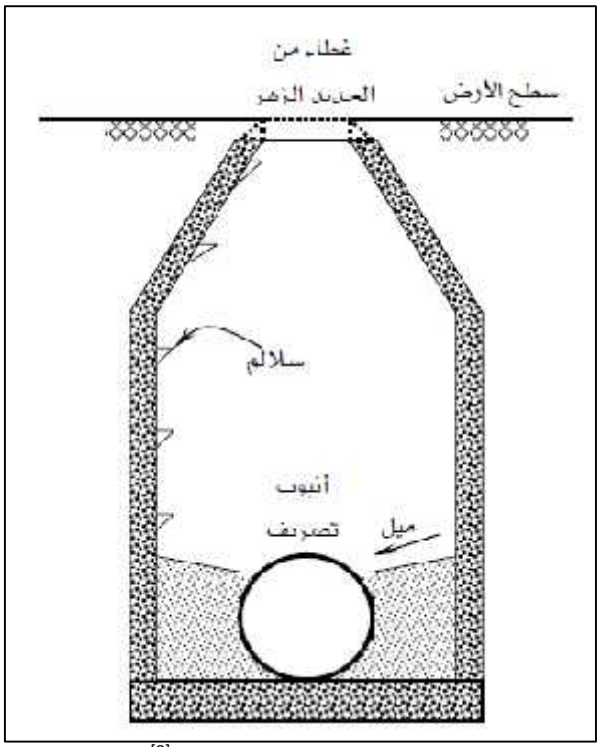
- ✓ أن تكون ملساء السطح الداخلي.
- ✓ أن تتحمل الضغوط التي تقع عليها من الخارج دون أن تتعرض للكسر أو التلف.
- ✓ أن تكون مستقيمة خالية من الانحناء.
- ✓ أن تكون مصنوعة من مادة صماء ما أمكن لا ينفذ منها الماء أو الغازات.
- ✓ توفر المواسير بالأقطار والكميات المطلوبة.
- ✓ مقاومة المواسير للأحمال الخارجية.
- ✓ أن تكون أسعارها مناسبة.
- ✓ أن تكون سهلة التنفيذ.

2 - المطابق أو غرف التفتيش (Manholes):

تعد المطابق من أهم ملحقات شبكة تصريف مياه **الأمطار** ، ويتم إنشاؤها حسب مواصفات محددة تسمح بأعمال النظافة والصيانة .**وتصنع من الخرسانة أو الخرسانة المسلحة ، وتأخذ المطابق الشكل الدائري أو المربع** ويكون غطائها على مستوى منسوب الشارع ويغطى بحديد الزهر الذي يكون ثقيلا وذلك حتى يتحمل حركة المرور عليه، **والشكل** (٧-١) يبين مقطع لمطبق نموذجي.

أما قاع المطبق فيأخذ شكل القناة المبطنة عمقها يتناسب مع قطر **الأنبوب** ومنسوبها يتناسب مع منسوب قاع **الأنبوب وتوضع المطابق على امتداد** أنابيب الشبكة في الحالات التالية:

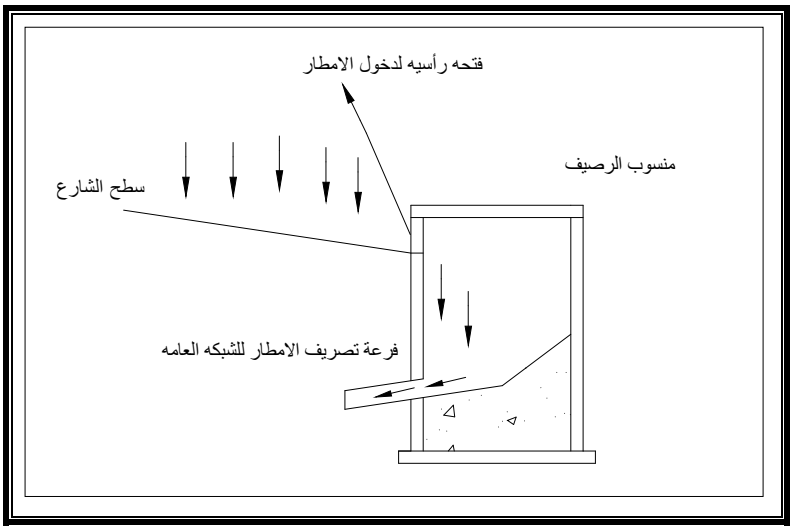
- ✓ تغير اتجاه **الأنبوب**.
- ✓ تغير ميل **الأنبوب**.
- ✓ تغير مفاجئ في المنسوب.
- ✓ تغير قطر **الأنبوب**.
- ✓ وجود المسافات المستقيمة الطويلة.
- ✓ مكان تقاطع الأنابيب.



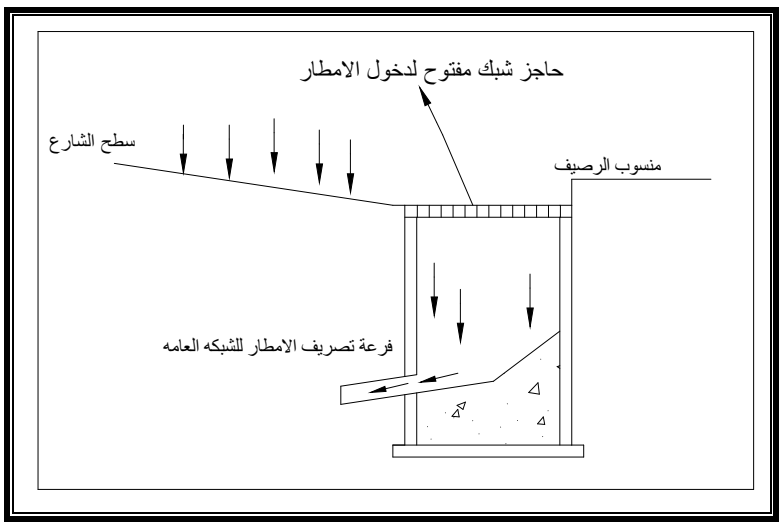
شكل (٧-١) مقطع لمطبق نموذجي[8]

٣ - المداخل المطرية أو ما تسمى البالوعات (Inlets):

المدخل هو الفتحة التي على سطح الأرض وتستقبل المياه السطحية الجارية وتحولها إلى شبكة تصريف مياه الأمطار وتصنف البالوعات حسب طريقة دخول الماء إليها، فهي إما بالوعات ذات مدخل رأسي لتصريف مياه الأمطار وإما البالوعات ذات المدخل الأفقي. وتوضع البالوعات في الأماكن ذات المناسيب المنخفضة من الطريق والتي تكون تجمع للمياه السطحية وتتصل كل بالوعة مع طريق خطوط شبكة التصريف عن طريق أقرب مطبق كما هو موضح في الشكل (7-2) والشكل(7-3).



شكل (٧-٢) بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل رأسي.



شكل (٧-٣) بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل أفقي.

٧-5 كميات مياه الأمطار:

إن كمية المياه المتدفقة نتيجة الأمطار على مساحة معينة من الأرض وخلال فترة من الزمن وبغزارة أو شدة مطر محددة تساوي وتسمى هذه الطريقة بالطريقة المنطقية وتحسب كمية مياه الأمطار حسب المعادلة (٧-١) .

$$Q=i*A \quad \text{.....(7-1)}$$

حيث أن:

Q = حجم مياه الأمطار الساقطة (m^3/hr).

I=شدة غزارة المطر (mm/hr.).

A= مساحة المنطقة المحتاجة للتصريف (m^2).

لكن كمية مياه الأمطار التي تسقط على الأرض لا تتحول في مجملها إلى مياه جارية ,بل هناك كمية مفقودة بسبب عملية التبخر وكمية تتخلخل **وتتسرب إلى بطن الأرض** ,وتعتمد كمية المياه المفقودة على عدة عوامل أهمها درجة حرارة الجو ونوع التربة وما تحتويه من مياه وكذلك تعتمد على مدة استمرارية المطر,وبسبب ما يفقد من مياه الأمطار فإن الحجم الفعلي من المياه الجارية نتيجة الأمطار يمكن استنتاجها من العلاقة التالية :

$$Q=CiA \quad \text{.....(7-2)}$$

حيث أن C يمثل معامل مياه الأمطار الجارية على سطح الأرض والذي يختلف حسب نوع السطح كما يوضحه الجدول (٧-1). وعندما تحتوي المنطقة المصرفة على أسطح مختلفة بمعاملات متباينة، **فإن المعامل المناسب لكل** سطح يضرب في جزئية مساحته ومن ثم تجمع المعاملات كما في العلاقة (٣-٧)

$$\frac{\sum Ci*Ai}{\sum A_i} \quad \text{.....(7-3)}$$

جدول(٧-1) معامل مياه الأمطار الجارية لعدة أسطح[8].

نوع السطح	C
أسقف مانعة للماء مثل أسقف المباني	٠.7-0.95
شوارع مسفلتة	٠.8-٠.9٠
حدائق وملاعب رياضية	٠.1-٠.25
ممرات وأرصفة مسفلتة	٠.75-٠.85
ممرات وأرصفة بالركام	٠.15-٠.30
أرض عشبية على تربة رملية وتميل 2%	٠.05-٠.1
أرض عشبية على تربة رملية وتميل (2-7) %	٠.1-٠.15
أرض عشبية على تربة رملية وتميل بنسبة أعلى من 7%	٠.15-٠.20
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل 2%	٠.13٠-٠.17
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل (2-7)%	٠.18-٠.22
أرض عشبية على تربة ثقيلة وتميل أعلى من7%	٠.25-٠.35

حيث أن أنظمة تصريف مياه الأمطار لمنطقة معينة تعتمد على الطبيعة الجغرافية والأحوال المناخية لتلك المنطقة وترتبط بكمية مياه الأمطار (Rainfall) وما تولده من مياه تنساب على سطح الأرض (Runoff)، حيث أن الجريان السطحي (Surface Runoff) يحصل عندما يسقط المطر على منطقة معينة ,ثم تبدأ مياه الأمطار بالجريان على سطح الأرض نتيجة تشبع التربة وعدم قدرتها على امتصاص المياه

٧-٥-1 تدفق مياة الأمطار في أنابيب التصريف:

عندما تصل مياه الأمطار إلى أنابيب التصريف تبدأ بالتدفق بشكل منتظم تحت تأثير الجاذبية الأرضية.إلا أن هذا التدفق يعتمد على عدة عوامل منها: ميول أنابيب التصريف، مساحة مقاطعها، خشونة الأنابيب، حالة التدفق بالإضافة إلى وجود عوائق بأنظمة الصرف.

إن تدفق المياه في الأنابيب بشكل جزئي (غير ممتلئة) تكون أشبه بالقنوات المائية المفتوحة بحيث تطبق عليها معادلة مانينج (Manning equation) والتي تأخذ الصيغة التالية:

$V=\frac{1}{n} * R^{2/3} * S^{1/2}$ .....(7-4)

حيث أن:

V=سرعة تدفق الماء في الأنبوب.

n= معامل خشونة أو احتكاك الأنبوب.

S= درجة ميل الأنبوب.

R= نصف قطر الأنبوب الهيدروليكي وتكون قيمته مساوية D/4 حسب المعادلة (٧-٥):

R=D/4.....(7-5)

وبمعرفة سرعة التدفق في أنبوب الصرف ومساحة مقطع الأنبوب يمكن حساب كمية المياه المتدفقة من المعادلة (٦-٨):

$Q=A*\frac{S^{1/2}R^{2/3}}{n}$.....(7-6)

ويختلف معامل الاحتكاك بحسب طبيعة المادة المصنوعة منها الأنبوبة، والجدول التالي يبين معامل الاحتكاك لمواسير مصنوعة من مواد مختلفة كما هو موضح في الجدول (٧-2).

جدول (٧-2) معامل الاحتكاك (n) لأنابيب التصريف لمواد مختلفة[8].

نوع الأنبوب	n
زهر مغطى البيتومين	0.011-.014
فخار مزجج	0.010-.017
فخار غير مزجج	٠.010-.017
خرساني	٠.012-.016
صلب مبرشم	٠.013-.017
صلب غير ملحوم	٠.010-.013
البلاستيك	٠.010-.02

حيث تم اعتماد معامل الاحتاك للبلاستيك 0.015 لانابيب المشروع

يتم حساب قيمة T من المعادلة (٧-٧):

$$T_c = t_i + t_f \quad \text{min} \qquad \text{.....(٧-٧)}$$

حيث :

tc: وقت تركيز المطر(time of concentration).

ti: وقت الفتحة (inlet time).

tf: وقت التدفق (flow time).

وأخذنا وقت الفتحة (inlet time) تقريبا 10min أما وقت التدفق يتم حسابه حسب المعادلة التالية:

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

حيث أخذنا سرعة التدفق بهذا المشروع 1 m/s، بعد ذلك تم حساب قيمة T ومن ثم يتم حساب كثافة المطر من المعادلة السابقة وحساب المساحة للمنطقة وبعدها يتم حساب كمية المطر لكل جزء كما هو مبين في الجدول (٧-٣)

٧-٥-٢ وقت التجميع (Time of concentration):

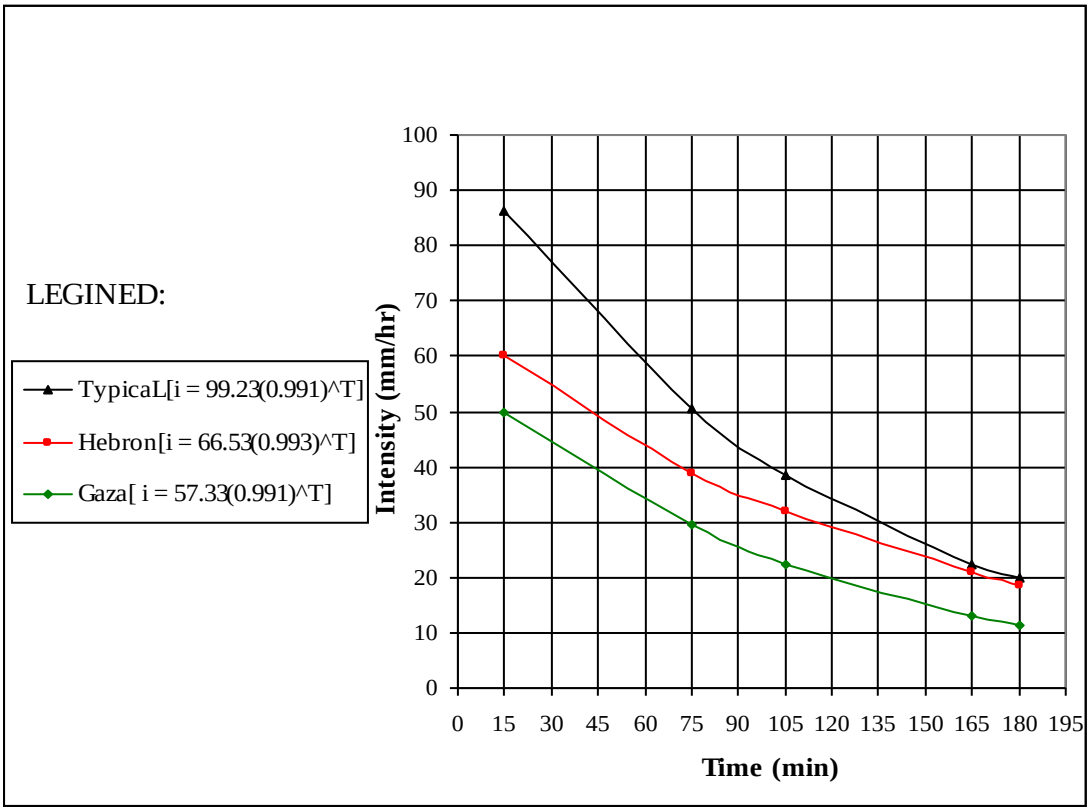
عند سقوط الأمطار على منطقة مخدومة بنظام تصريف مياه الأمطار فإن المياه الجارية تحتاج إلى وقت لتتدفق من مساحات المنطقة المختلفة إلى فتحات أو مداخل التصريف وهذا الوقت يشتمل على وقت التدفق (Time of flow) ووقت الدخول(Inlet time) .

إن القصد من وقت التدفق هو الوقت الذي تحتاجه مياه الأمطار للتدفق من نقطة إلى أخرى ،أما وقت الدخول فيقصد به الوقت من بدء سقوط المطر إلى اللحظة التي يبدأ عندها الماء بالتدفق في أنابيب التصريف،وتتراوح قيمته في الغالب من 5 دقائق إلى 15 دقيقة ويتأثر وقت التجميع بعدة عوامل أهمها المسافة بين فتحات تصريف مياه الأمطار ونوع الأسطح المصرفة والأحوال الجوية .

٧-٥-٣ شدة أو غزارة الأمطار (Rainfall Intensity):

تعتبر شدة أو غزارة المطر من أكثر العوامل تعقيدا" فهي تعتمد على مدى استمرار السقوط ،لذا من المتوقع أن تكون غزارة المطر عالية عندما تكون الفترة قصيرة ،ومن المناسب تمثيل معلومات سقوط الأمطار على شكل منحنيات والتي تربط مدة سقوط المطر مع غزارتها لفترات دورية 5 و10 و 25 سنة وعند التصميم فإن منحنى 5 سنوات يستخدم للمناطق السكنية ،ومنحنى 10سنوات يستخدم للمناطق التجارية ومنحنى 25 سنة يستخدم للمناطق المعرضة إلى فيضانات قد ينتج عنها أضرار في الممتلكات حيث أنه من معرفة وقت التجميع فإنه يمكن معرفة شدة المطر عن طريق المنحنيات ويوضح الشكل التالي منحنى شدة أو غزارة المطر.

- وفي هذا المشروع أخذنا قيم معامل السطح لجريان مياه الامطار (0.65) وذلك لان معامل الاسفلت 0.8 ومعامل السطح الترابي 0.2 ونسبة ما يغطية كل سطح من الطريق كذلك تم ايجاد كثافة المطر في منطقة الخليل حسب الشكل(٧-٤):



شكل (٧-٤) منحنيات شدة المطر

6-7 الحفر والردم للخنادق:

تحفر الخنادق بإتساع كافي ،ويجب أن تكون مقاسات الخندق واسعة من اجل إيواء الإنبوب وللقيام بأعمال التركيب اللازمة ،ويتراوح عرض الخندق من (45 إلى 175)سم حسب قطر الأنبوب.

أما الردم فيتم من أجل حمايتها من الأضرار والكسر الذي قد تسببه أحمال المرور وكذلك حمايتها من التجمد الذي ينتج عن الانخفاض في درجات الحرارة وتوضع الأنابيب تحت سطح الأرض بأدنى عمق 1م وأقصى عمق مقداره 5م.

7-7 القطاع الجانبي (The profile):

وهو القطاع الذي يرسم بمقياس رسم أفقي يتراوح بين (1:500 و 1:1000)، ومقياس رسم رأسي يكون عادة عشرة أضعاف مقياس الرسم الأفقي ويوضح القطاع الجانبي معلومات عما يلي:

- ✓ أقطار وأطوال وميول الأنابيب ومستوى قعر كل منها.
- ✓ مواقع المطابق وأعماقها وأرقامها.
- ✓ منسوب سطح الأرض الطبيعي ومنسوب سطح الأرض التصميمي

٧-8 تصميم شبكة تصريف مياه الأمطار (Design of storm sewer):

قبل الشروع في أعمال تصميم شبكات تصريف مياه الأمطار، لا بد من عمل الدراسات الأولية المتمثلة في جمع المعلومات التالية:

- ✓ خرائط لمنطقة المشروع والمتوفرة لدى البلدية بحيث توضح المباني والشوارع والخطوط الكنتورية وتم الحصول على الخارطة الكنتورية لمنطقة المشروع من بلدية الخليل.
- ✓ حالة تربة المنطقة من حيث قدرة تحملها وعمق الطبقة الصخرية ،حيث يتم الحصول على هذه المعلومات عن طريق التجارب المخبرية.
- ✓ نوع الخدمات المتوفرة في المنطقة من حيث وجود شبكة منفصلة أم مشتركة وبعد الرجوع للبلدية تبين ان لا وجود لشبكة لتصريف مياه الأمطار في طريق المشروع.

يتم إتباع الخطوات التالية عند تصميم أنابيب التصريف:

- ✓ تقسيم مناطق المشروع بخطوط حسب التقسيم المائي المناسب (A).
- ✓ إيجاد معامل مياه الامطار الجارية حسب طبيعية كل منطقة (C).
- ✓ إيجاد الوقت اللازم لدخول مياه الأمطار الجارية إل البالوعات (t).
- ✓ حساب شدة أو غزارة المطر (i).
- ✓ حساب كمية مياه السيول المتدفقة لكل مقطع (Q=C*i*A).
- ✓ استخدام معادلة مانتج لحساب قطر إنبوب التصريف لكل مقطع.
- ✓ بعد حساب أقطار الأنابيب وسرعة المياه فيها لجميع الخطوط يلزم التأكد من تحقيق شروط التصميم الموضحة في البند اللاحق.

٧-٨-1 الشروط التصميمية:

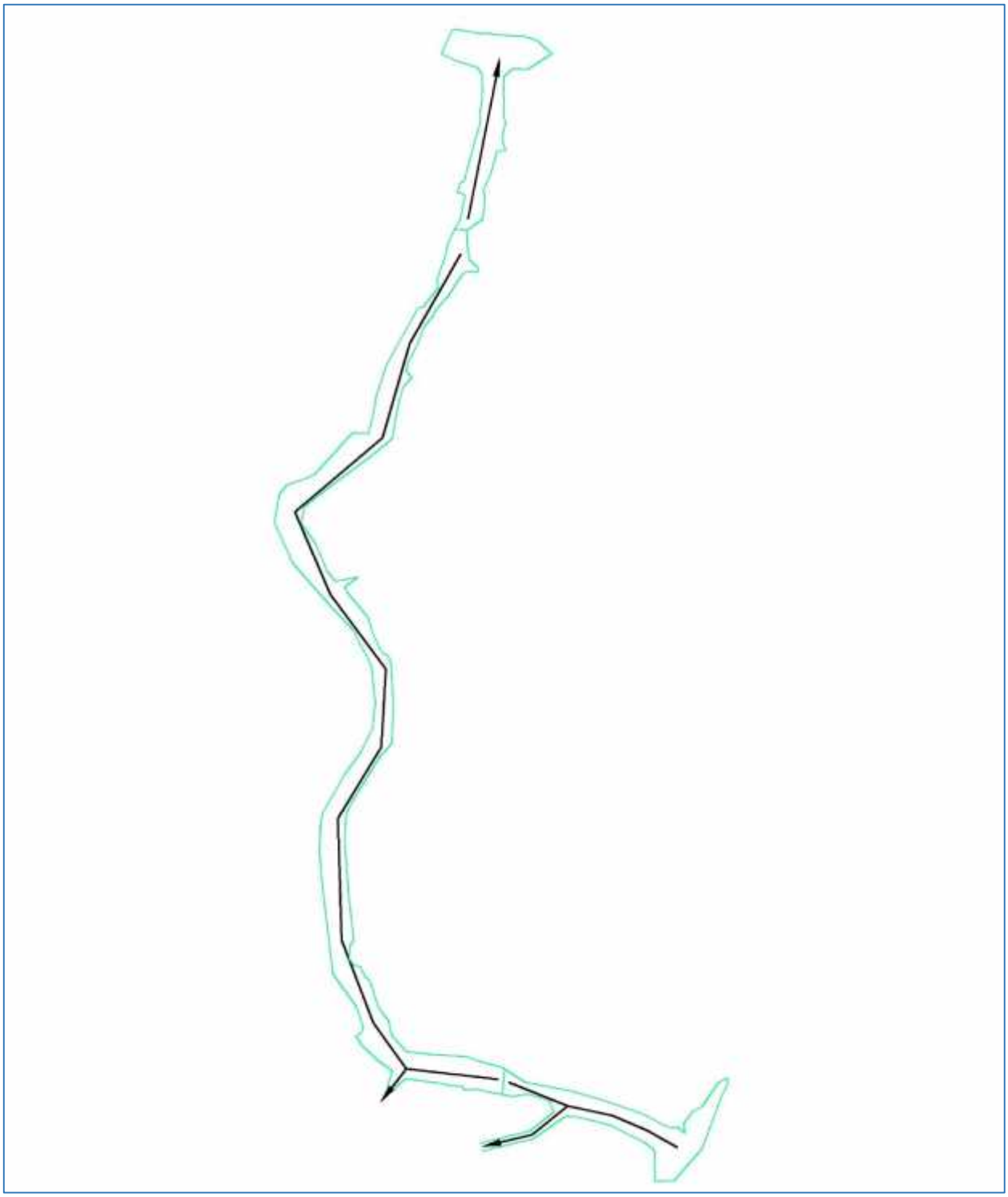
- ✓ تم استخدام الطريقة المنطقية (Rational method) ومعادلة مانتج في التصميم (Manning (formula
- ✓ زمن دخول الماء من مكان سقوطها إلى خط التصريف ١٠ دقائق (Ti).
- ✓ يجب ألا تقل السرعة في أنبوب التصريف عن (١ متر لكل ثانية) وألا تزيد عن (5 متر لكل ثانية).
- ✓ يجب ألا يقل ارتفاع الحفر عن 1 متر وألا يزيد ارتفاع الحفر عن 5متر.
- ✓ يجب ألا يقل ميل الخط عن 0.005 وأن لا يزيد ميل الخط عن 0.15.
- ✓ الفترة التصميمية المستخدمة من (30 الى 50)سنة.
- ✓ المناهل قوالب خرسانية والأنابيب مصنوعة من البلاستيك (PVC).
- ✓ (h/d) ≥1.
- ✓ يجب توافر القطاع الجانبي من أجل الحصول على الارتفاعات التصميمية للمناهل.

٧-8-2 تصميم مياه الأمطار لطريق المنشر البصة:

- ✓ بداية من الخارطة الكنتورية لمنطقة المشروع ، والرفع التفصيلي للطريق تم تقسيم طريق الدراسة إلى **ثلاثة اقسام بناء** على طبوغرافية المنطقة وبالاعتماد على القطاع الجانبي للطريق تم تحديد ارتفاعات الشارع ومنها تم تحديد اتجاهات تصريف مياه **الامطار** عن سطح الطريق بالاعتماد على الجاذبية الارضية **و الشكل** (7-5) يوضح ذلك.
- ✓ بعد النظر إلى الخارطة الكنتورية والقطاع الجانبي للطريق ،تم تحديد خطوط تصريف مياه **الأمطار** حيث كانت **كالتالي**، الخط الأول يمتد من بداية الطريق **إلى المحطة (0+070)** بحيث تتصرف المياه باتجاه نقطة البداية وتلتحم بخط التصريف الموجود في طريق عيصى والخط الثاني يقع بين المحطة **(0+230) والمحطة (0+840)** بحيث **تتصرف** المياه **باتجاه** المنهل رقم (١١) **الذي يمثل نقطة الخروج** (outlet) الثانية لتتصرف المياه الى الاراضي الزراعية . **أما بالنسبة للخط الثالث** فهو يمتد من المحطة **(1+050) إلى المحطة (0+960)** ، بحيث **تتصرف** المياه **باتجاه** المنهل **رقم** (٦) **الذي** يمثل **نقطة المخرج** (outlet) **الثالثة** لتتصرف المياه الى الاراضي الزراعية المجاورة للطريق.

- ✓ تم توزيع المناهل على كل خط تصريف، حيث تم وضع منهل عند تغير الاتجاه وتأتي مياه **الأمطار** لهذه المناهل عن طريق **فوهات** الطريق(inlets).
- ✓ تم حساب المساحة التي يخدمها كل منهل وأيضا تم إيجاد المسافة بين كل منهل ومنهل، **بالإضافة** إلى انه تم اعتبار معامل تصريف مياه **الأمطار** عن سطح الطريق 0.65، **بالنسبة للزمن** الذي تحتاجه مياه **الأمطار** من لحظة سقوطها على الأرض إلى اللحظة التي تبدأ فيها بالتدفق في أنابيب **التصريف** وتم اعتبارها (Ti) ١٠ دقائق ومن ثم تم إيجاد كمية التدفق لكل **أنبوب والجداول** (7-3) **توضح ذلك**.
- ✓ بعد حساب كمية التدفق لكل **أنبوب ،تم استخدام برنامج** (Sewer cad) **في** تصميم الشبكة **والجدول** (٧-٤) يوضح نتائج التصميم.

الشكل (٧-٥) اتجاهات تصريف المياه عن الطريق



الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

٨-١ النتائج :

١. القيام بعمل مضلع وحساب إحداثيات محطاته بالاعتماد على نقط GPS وتصحيحها من اجل الانطلاق منها لرصد تفاصيل الطريق والمعالم الموجودة به.
٢. رفع الطريق بشكل كامل والحصول على مخططات تفصيلية للطريق.
٣. تم تجهيز كافة التصميمات الأفقية والرأسية وكافة المعلومات اللازمة لتوقيعها، وإعداد الخرائط المتعلقة بذلك.
٤. تم وضع الإشارات المرورية وأعمدة الإنارة بناءا على المواصفات القياسية.
٥. تم حل مشكلة الميول الطولية والجانبية للطريق .
٦. تم حساب سماكة الطبقات ورسم المقطع التصميمي وحساب حجوم الكميات من حفر وردم ، وحجوم طبقتي الإسفلت والبيسكورس ورسم المنحنى الكمي التراكمي .
٧. اتضح لنا مدى أهمية الطريق موضع الدراسة من خلال حجم المرور الذي تم تعداده.
٨. أهمية دراسة تصميم الطرق وربطها بالمعارف الأخرى.

٨-٢ التوصيات :

١. نحث الجامعة على التواصل مع مؤسسات المجتمع المدني لطرح مشاريع تخرج تهم هذه المؤسسات .
٢. إعداد مواصفات تتعلق بتصميم الطرق خاصة بدولة فلسطين.
٣. ضرورة أن تكون مشاريع التخرج ذات التطبيق العملي مشتركة بين الأقسام المختلفة في الدائرة حتى يتحقق التكامل .
٤. ندعو إلى تدريب الطلبة على التطبيقات البرمجية الحديثة في المجالات المختلفة عن طريق وجود مرونة في الخطط التدريسية .
٥. نوصي دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في جامعة بوليتكنك فلسطين بطرح مساقات تتعلق بهندسة الطرق لطلبة هندسة المساحة والجيوماتكس ، وخصوصا تعليم برنامج الأوتوديسك وكذلك برنامج (Civil 3D) التي تعد من أهم البرامج في تصميم الطرق .

المصادر والمراجع

١-كتاب الطرق لـ د.محمد فهمي غنيم ،دليل التصميم الهندسي للطرق .

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

٣- كتاب المعايير والقيود التصميمية .

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

٥- تقنيات الطرق ، المملكة العربية السعودية ،٢٠٠٧.

٦- يوسف صيام،أصول في المساحة ،الجامعة الأردنية،عمان ١٩٨٣.

٧-صيانة الطريق ،م.غريب خضر ،.٢٠٠٧

٨- مرجع تقنية مدنية شبكات المياه والصرف الصحي ٢٠٧ مدن

9- Traffic and Highway Engineering

10- Mr. Thomas Hicks, Roundabout Design Guidelines, Department of Transportation State Highway Administration, State of Maryland, 1995.

11- Surveying for civil engineers, Dr Najeh Tamim

12- www.geom.unimelb.edu.au

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

14-http://www.stqou.com/paldriver/?pg=page&page_id=9

فهرس المحتويات

الصفحات التمهيدية

الموضوع	رقم الصفحة
الغلاف.....	I
تقرير مشروع التخرج	II
شهادة تقييم مشروع التخرج	III
الإهداء.....	IV
شكر وتقدير	V
الملخص.....	VI
The Abstract	VII
فهرس المحتويات	VIII
فهرس الأشكال والصور.....	XII
فهرس الجداول	XIV
فهرس الملاحق	XV

الفصل الأول
المقدمة

الرقم		
١-١	نظرة عامة.....	2
٢-١	نبذه تاريخيةعن مدينة الخليل	٢
٣-١	أهمية المساحة في تصميم الطرق.....	٣
٤-١	فكرة المشروع.....	٣
٥-١	موقع المشروع	٤
٦-١	مشكلة البحث.....	٦

١-٧	اهداف المشروع.....	٦
١-٨	طريقة العمل	٧
١-٩	هيكلية المشروع.....	٧
١-١٠	الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة	٨
١-١١	الجداول الزمنية	٨

الفصل الثاني
الأعمال المساحية والمضلعات

٢-١	الأعمال المساحية	١١
٢-١-١	مقدمة	١١
٢-١-٢	دراسة الخرائط.....	١١
٢-١-٣	المساحة الإستطلاعية الأولية.....	١١
٢-١-٤	المسح الإبتدائي الأولي	١٢
٢-١-٥	الأعمال المساحية النهائية	١٢
٢-٢	المضلعات	١٣
٢-٢-١	المقدمة.....	١٣
٢-٢-٢	أنواع المضلعات.....	١٣
٢-٢-٢-١	المضلع المفتوح.....	١٣
٢-٢-٢-٢	المضلع المغلق	13
٢-٢-٣	القراءات	١٦
٢-٢-٤	حساب الإحداثيات الابتدائية للنقاط قبل التصحيح	١٧
٢-٢-٥	تصحيح الأخطاء المضلع	١٨
٢-٢-٥-١	خطأ عدم تمركز جهاز الرصد	18
٢-٢-٥-2	خطا عدم تمركز العاكس.....	18
٢-٢-٥-٣	أخطاء التوجيه (Target Centering).....	18
٢-٢-٥-٤	الأخطاء في المسافات (Error in Distances)	١٩
٢-٢-٥-٥	الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز (Instrument Centering Error).....	٢٠
٢-٢-٥-٦	الأخطاء في قياس الزوايا	٢٠

6-2-2	تصحيح الأخطاء في الإحداثيات.....	21
1-6-2-2	Least Square Method……	21
2-6-2-2	Distance Observation Equation.....	22
3-6-2-2	Angle observation Equation.....	23
٧-٢-٢	النتائج	24

الفصل الثالث
التصميم الهندسي للطرق

١-٣	مقدمة.....	28
٢-٣	أسس عملية التصميم.....	29
١-٢-٣	حجم المرور Traffic volume.....	29
٢-٢-٣	تركيب المرور (Character of Traffic).....	29
٣-٢-٣	السرعة التصميمية (Design speed).....	29
٤-٢-٣	قطاع الطريق.....	30
٥-٢-٣	الميولالجانبية.....	30
٦-٢-٣	عرض الحارة (lane width).....	31
٧-٢-٣	الأكتاف (Shoulders).....	31
8-٢-٣	الاطاريف.....	32
9-٢-٣	الأرصفة (Sidewalks).....	33
10-٢-٣	الميول العرضية(Cross Slopes).....	34
11-٢-٣	الميول الطولية.....	34
12-٢-٣	الجزر الفاصلة بين الإتجاهين (Medians).....	34
13-٢-٣	الحواجزالجانبية و الأعمدة الاسترشادية.....	34
٣-٣	العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطرق.....	35
٤-٣	التخطيط الأفقي للطريق	36
١-٤-٣	المنحنيات الأفقية.....	36
١-١-٤-٣	المنحنيات الأفقية الدائرية (Circular Curves).....	36

٣-٤-١-٢	المنحنيات الانتقالية أو الحلزونية (Transitions Curve).....	39
٣-٤-٢	القوة الطاردة المركزية.....	40
٣-٤-٣	ارتفاع الظهر عن البطن (Super elevation).....	42
٣-٤-٤	**الطرق** المتبعة في الرفع الجانبي للطريق.....	43
٣-٤-٥	زيادة إتساع الرصف عتند المنحنيات.....	44
٣-٥	التخطيط الراسي للطريق (Vertical Alignment).....	46
٣-٥-١	أنواع المنحنيات الرأسية.....	46
٣-٥-١-١	المنحنيات الرأسية المحدبة(Crest).....	46
٣-٥-١-٢	المنحنيات الرأسية المقعرة(Sag).....	46
٣-٥-٢	**عناصر المنحنى الرأسي**.....	47
٣-٥-٣	الميول الرأسية العظمى.....	48
٣-٥-٤	**طول المنحنى الرأسي**.....	48

الفصل الرابع
مشاكل الطريق والحلول المقترحة

٤-١	**مقدمة**.....	54
٤-٢	تعريف بالمشاكل.....	54
٤-٣	عيوب طبقات الرصف الإسفلتية	54
٤-٣-1	طرق حل مشكلة عيوب طبقات الرصف الإسفلتية.....	56
٤-4	سوء تصريف مياه الأمطار.....	57
٤-٥	إنتشار السيارات الخاصة على جوانب الطريق وعند المرافق العامة	59
٤-٦	عدم وجود اللافتات الإرشادية أو اشارات المرور.....	60

الفصل الخامس
حجم السير وإشارات المرور

٥-١	**مقدمة**.....	63

٥-٢	حجم المرور.....	63
٥-٢-١	تعداد المركبات.....	63
٥-٢-٢	فترات التعداد.....	64
٥-٢-٣	طرق إجراء التعداد.....	64
٥-٢-٤	السير الحالي والمستقبلي.....	70
٥-٢-٥	عمر الطريق.....	70
٥-٢-٦	سعة الطريق.....	70
٥-٣	إشارات المرور المستخدمة.....	71
٥-٣-١	انواع الإشارات	71
٥-٣-٢	مواصفات الإشارات.....	72
٥-٤	علامات المرور.....	73
٥-٤-١	أهداف علامات المرور.....	74
٥-٤-٢	الشروط الواجب توفرها في العلامات.....	74
٥-٤-٣	أنواع علامات المرور في الطريق.....	74

الفصل السادس
التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

٦-١	مقدمة.....	77
٦-٢	الانواع الرئيسية للرصف.....	77
٦-٢-١	الرصفة القاسية (Rigid Pavement)	77
٦-٢-٢	الرصفة المرنة (Flexible Pavement).....	77
٦-٣	الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.....	78
٦-٣-١	تجربة بروكتور المعدلة (Modify proctor Test).....	78
٦-٣-٢	تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(CBR).....	82
٦-٤	تصميم الرصفة المرنة.....	87
٦-٤-١	حساب ESAL.....	87
٦-٤-٢	حساب سماكة طبقات الرصف.....	92

٦-٤-٢-١	معامل الرجوعية (Mr).....	92
٦-٤-٢-٢	الانحراف المعياري العام.....	93
٦-٤-٢-٣	الرقم الإنشائي (SN).....	94
٦-٤-٢-٤	موثوقية تصميم الرصفة المرنة:.....	95

الفصل السابع
تصريف مياه الأمطار عن الطريق

7-١	مقدمة.....	102
7-٢	أهمية تصريف المياه.....	102
7-٣	متطلبات تصرف المياه عن الطريق.....	103
7-٤	مكونات شبكة تصريف مياه الأمطار.....	103
7-٥	كميات مياه الأمطار	106
7-٥-١	تدفق مياه الأمطار في أنابيب التصرف.....	107
7-٥-٢	وقت التجميع (Time of concentration).....	109
7-٥-٣	شدة أو غزارة الأمطار (Rainfall Intensity).....	109
7-٦	الحفر والردم للخنادق.....	110
7-٧	القطاع الجانبي (The profile).....	110
7-٨	تصميم شبكة تصريف مياه الأمطار	111
7-٨-١	الشروط التصميمية.....	111
7-٨-٢	تصميم مياه الأمطار لطريق المنشر البصة.....	112

الفصل التاسع
النتائج والتوصيات

٩-١	النتائج	116
٩-٢	التوصيات.....	116

المراجع

	المراجع.....	117

فهرس الأشكال والصور

رقم الشكل	إسم الشكل	رقم الصفحة
١-١	موقع المشروع.....	٥
١-٢	المضلع المفتوح (Link traverse).....	13
٢-٢	المضلع المغلق (Closed loop traverse).....	14
٣-٢	المضلع المغلق (Closed traverse).....	١٤
4-٢	شكل المضلع الأساسي في المشروع.....	15
1-3	مقطع عرضي للطريق.....	30
٢-٣	أكتاف الطريق.....	٣١
٣-٣	أنواع الأطاريف الخاصة بالطرق.....	33
٤-٣	الميول العرضية.....	34
٥-٣	أنواع المنحنيات الدائرية	٣٦
٦-٣	عناصر المنحنى الدائري البسيط.....	38
٧-٣	عناصر المنحنى الدائري المركب.....	٣٩
٨-٣	المنحنيات المتدرجة أو الحلزونية	٤٠
٩-٣	تأثير القوى الطاردة المركزية	٤١
١٠-٣	كيفية الرفع الجانبي للطريق.....	٤٤
١١-٣	شكل المركبة على المنحنى.....	٤٥
١٢-٣	فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المحدبة.....	٤٦
١٣-٣	فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المقعرة.....	٤٧
١٤-٣	عناصر المنحنى الرأسي.....	٤٧
١٥-٣	منحنى رأسي قاعي	٤٩

٣-١٦	يوضح مسافة الرؤية للتوقف الامن.....	٥٠
٣-١٧	مسافة الرؤية للتجاوز.....	٥١
٤-١	عيوب التشققات في الطريق.....	٥٥
٤-٢	الحفر والهبوطات في الطريق.....	٥٦
٤-٣	انخفاض الشارع عن الطريق الرئيسي وسوء تصريف مياه الأمطار فيه.....	٥٧
٤-٤	فتحتة تصريف المياه الوحيدة الموجودة في بداية شارع المنشر.....	٥٨
٤-٥	القطاعات العرضية النموذجية في تصميم الطريق.....	٥٨
٤-٦	إقامة مجاري المياه تحت الأرصفة.....	٥٩
٤-٧	صورة توضحية لقاعة الأفراح ومدرسة السيدة سارة.....	٥٩
٤-٨	مشكلة تجمع السيارات الخاصة على جوانب الطريق.....	٦٠
٤-9	عدم وجود لافتات إرشادية أو إشارات مرور.....	٦٠
٤-10	عدم وجود ممرات أو خطوط مشاه أمام مدرسة السيدة سارة	٦١
٥-١	العلاقة بين عدد المركبات والفترة الزمنية لكل ١٥-دقيقة لجميع أيام التعداد.....	٦٩
5-٢	إشارات المنع المستخدمة في الطريق.....	٧١
5-٣	بعض إشارات التحذير المستخدمة في الطريق	٧٢
٦-١	طبقات الرصفة المرنة.....	٧٨
٦-٢	الأعمال المخبرية لتجربة بروكتور.....	٧٩
٦-٣	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(Base cource).....	٨١
٦-٤	العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة(Sub grade Course).	٨٢
٦-٥	الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).....	٨٣
٦-٦	المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند 56ضربة لعينة التربة.	٨٤
٦-٧	المنحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة عند ٥٦ ضربة لعينة البيسكورس.	٨٥

٦-٨	منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a1).....	٩٥
٦-٩	معامل طبقة (Base).....	٩٦
٦-١٠	منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة.....	٩٧
٦-١١	منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN1.....	٩٨
٦-١٢	منحنى إيجاد قيمة (SN2).....	٩٩
٧-١	مقطع لطريق نموذجي.....	١٠٤
٧-٢	بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل رأسي.....	١٠٥
٧-٣	بالوعة تصريف الأمطار ذات مدخل أفقي.....	١٠٥
٧-٤	منحنيات شدة المطر.....	١١٠
٧-٥	اتجاهات تصريف المياه عن الطريق.....	١١٣

فهرس الجداول

رقم الجدول	إسم الجدول	رقم الصفحة
١-١	الجدول الزمني لأعمال الفصل الأول	٨
٢-١	الجدول الزمني لأعمال الفصل الثاني	٩
١-٢	القراءات التي تم رصدها في الميدان لحساب إحداثيات المحطات	١٦
٢-٢	الإحداثيات غير المصححة	١٧
٣-٢	احداثيات النقاط المأخوذة بواسطة (GPS).....	18
٤-٢	معدل المسافات المقروءة بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة.....	19
٥-٢	قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية ٢٠	٢٠
٦-٢	الاحداثيات المصححة ومقدار الدقة في كل منها.....	٢٤
٧-٢	المسافات المصححة ومقدار الدقة في كل مسافة	٢٥
٨-٢	الزوايا المصححة ومقدار الدقة في كل زاوية	٢٥
١-٣	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	٢٩
٢-٣	الميول الجانبية للقطاعات حسب نوع التربة	٣٠
٣-٣	قيم معامل الإحتكاك حسب السرعة التصميمية	٤٢
٤-٣	قيم الرفع الجانبي المرغوبة لعدة طرق مختلفة	٤٣
٥-٣	أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميمية	٤٣
٦-٣	قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر	٤٥
٧-٣	قيمة الميول الرأسية العظمى	٤٨
٨-٣	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف.....	٥٠
٩-٣	العلاقة بين السرعة ومعامل الإحتكاك	٥٠
١-٥	تعداد المركبات على الطريق المقترح إعادة تصميمه	٦٥
٢-٥	متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.....	٦٧
٣-٥	معاملات انواع المركبات وفقا للمواصفات الأردنية ٦٧	٦٧

٤-٥	قيم DgK العامة	٦٨
٥-٥	حجم المرور ومعدل التدفق لكل فترة ١٥-دقيقة في ساعة الذروة	٦٩
٦-٥	سعة الطريق حسب مواصفات هيئة آشتو(AASHTO).....	٧١
٧-٥	المسافة التي يجب أن تكون بين الإشارة والتقاطع الذي تدل عليه الإشارة	٧٣
١-٦	الكثافة الرطبة لعينة Base course.....	٨٠
٢-٦	قيم الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة للعينات	٨٠
٣-٦	الكثافة الرطبة لعينة sub grade course.....	٨١
٤-٦	الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينةsub grade course.	٨١
٥-٦	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٥٦ضربة لعينة التربة	٨٤
٦-٦	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند ٥٦ ضربة لعينة البيكورس.....	٨٥
٧-٦	نسبة المركبات في المسرب الواحد	٨٧
٨-٦	معامل النمو (Growth factor)	٨٨
٩-٦	تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor)...	٨٩
10-٦	متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة	٩٠
11-٦	معامل طبقة الأساس الحصوية	٩٢
12-٦	معامل طبقة الخلطة الإسفلتية	٩٢
13-٦	الانحراف المعياري حسب نوع الطريق.....	٩٢
14-٦	تعريف جودة التصريف	٩٣
15-٦	معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi).....	٩٣
16-٦	مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق.....	٩٤
17-٦	قيم ZR بالرجوع لمقدار الموثوقية.....	٩٤
18-٦	المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن	٩٥
19-٦	نتائج الفحوصات المخبرية على الطبقات.....	٩٥
20-6	سماكة طبقات الرصفة المرنة.....	١٠٠

٧-١	معامل مياه الأمطار الجارية لعدة أسطح	١٠٧
٧-٢	معامل الإحتكاك (n) لأنابيب التصريف لمواد مختلفة	108
٧-٣	حساب كمية مياه الأمطار لكل جزء من الشبكة	١١٤
٧-٤	نتائج برنامج sewerCAD.....	115

فهرس الملاحق

رقم الملحق	إسم الملحق
١	جدول إحداثيات نقاط الرصد للمسح التفصيلي .....
٢	حسابات تصحيح المضلع.....
3	كميات الحفر والردم وطبقات الرصف وحجارة الشك.....
4	تقرير المنحنيات الأفقية Horizontal Alignment Curve Report.....
5	تقرير المنحنيات الرأسية Vertical Alignment Curve Report.....
6	محتويات القرص المضغوط (CD).....

مُلحق رَقم [2]

حسابات تصحيح المضلع

إن جميع خطوات تصحيح المضلع موضحة بالتفصيل ,ابتداء بحساب الإنحراف لجميع الخطوط وحساب الاحداثيات غير المصححة ومن ثم تصحيح خطأ الإغلاق في المضلع وانتهاء بتصحيح الاحداثيات بطريقة (Bowditch).

Calculations:-

- Calculating the Azimuth:

✓ $AZ_{C2,C1} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C$

$$AZ_{C2,C1} = \tan^{-1}\frac{157814.701 - 157800.285}{104101.193 - 104112.821} + 180$$

$$= 128\ \ 53\ \ 23.2$$

✓ AZ C_1-ST_1=247 43 6.25+128 53 23.2-180 =196 36 29.4

✓ AZST_1-ST_2=196 36 29.5 +172 05 25.25 -180 =188 41 54.7

✓ AZST_2-ST_3=188 41 54.7+200 30 20 -180 =209 12 14.7

✓ AZST_3-ST_4=209 12 14.7+175 02 31.75 -180 =204 14 46.4

✓ AZST_4-ST_5=204 14 46.4 +204 14 35.5 -180 =228 29 22

✓ AZST_5-ST_6=228 29 22 +98 56 40.25 -180 =147 26 2.2

✓ AZ ST_6-ST_7= 147 26 2.2 +233 31 14.25 -180 =200 57 16.5

✓ AZ ST_7-ST_8= 200 57 16.5+155 46 50.25 -180 =176 44 6.7

✓ AZ ST_8-ST_9= 176 44 6.7 +157 43 42.5 -180 = 154 27 49.2

✓ AZ ST_9-ST_{10}= 154 27 49.2 +126 10 40 -180 =100 38 29.2

✓ AZ ST_{10}-ST_{11}= 100 38 29.2 +188 17 39.25 -180 = 108 56 8.5

✓ AZ ST_{11}-C_3= 108 56 8.5+105 32 41 -180 = 34 28 49.5

✓ AZ C_3-C_4= 34 28 49.5+190 12 52.75 -180 = 44 41 42.2

- Calculate the azimuth from coordinate C_3- C_4(GPS):

✓ $AZ_{C3-C4} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C$

$$AZ_{C3-C4} = \tan^{-1}\frac{158001.481 - 157984.553}{103363.844 - 103346.745} + 0$$

$$= 44\ 42\ 43.44$$

✓ Angular error:-

$$44\ 42\ 43.44 - 44\ 41\ 42.2 = 00\ 01\ 1.24$$

✓ Allowable angular error :-

60" $\times\sqrt{10}$ = 00 03 9.74

- Calculate the angular error for each angle:-

$(44\ 41\ 42.2 - 44\ 42\ 43.44)/13$

$= -4.71$ "

We added + 4.71 "for each angle as follows:-

$$Angle_{C1-ST1} = 247\ 43\ 6.25 + 4.71" = 247\ 43\ 10.96$$

$$Angle_{ST1-ST2} = 172\ 05\ 25.25 + 4.71" = 172\ 05\ 29.96$$

$$Angle_{ST2-ST3} = 200\ 30\ 20 + 4.71" = 200\ 30\ 24.71$$

$$Angle_{ST3-ST4} = 175\ 02\ 31.75 + 4.71" = 175\ 02\ 36.46$$

$$Angle_{ST4-ST5} = 204\ 14\ 35.5 + 4.71" = 204\ 14\ 40.21$$

$$Angle_{ST5-ST6} = 98\ \ 56\ \ 40.25\ + 4.71\ " = 98\ \ 56\ \ 44.96$$

$$Angle_{ST6-ST7} = 233\ \ 31\ \ 14.25\ + 4.71\ " = 233\ \ 31\ \ 18.96$$

$$Angle_{ST7-ST8} = 155\ \ 46\ \ 50.25\ + 4.71\ " = 155\ \ 46\ \ 54.96$$

$$Angle_{ST8-ST9} = 157\ \ 43\ \ 42.5\ + 4.71\ " = 157\ \ 43\ \ 47.21$$

$$Angle_{ST9-ST10} = 126\ \ 10\ \ 40 + 4.71\ " = 126\ \ 10\ \ 44.71$$

$$Angle_{ST10-ST11} = 188\ \ 17\ \ 39.25 + 4.71\ " = 188\ \ 17\ 43.96$$

$$Angle_{ST11-ST12} = 105\ \ 32\ \ 41 + 4.71\ " = 105\ \ 32\ \ 45.71$$

$$Angle_{ST12-C3} = 190\ \ 12\ \ 52.75 + 4.71\ " = 190\ \ 12\ \ 57.46$$

Angle number	Reading angle	Correct angle
C2 – C1 – ST1	247 43 6.25	247 43 10.96
C1 – ST1 – ST2	172 05 25.25	172 05 29.96
ST1 – ST2 – ST3	200 30 20	200 30 24.71
ST2 – ST3 – ST4	175 02 31.75	175 02 36.46
ST3 – ST4 – ST5	204 14 35.5	204 14 40.21
ST4 – ST5 – ST6	98 56 40.25	98 56 44.96
ST5 – ST6 – ST7	233 31 14.25	233 31 18.96
ST6 – ST7 – ST8	155 46 50.25	155 46 54.96
ST7 – ST8 – ST9	157 43 42.5	157 43 47.21
ST8 – ST9 – ST10	126 10 40	126 10 44.71
ST9 – ST10 – ST11	188 17 39.25	188 17 43.96
ST10 – ST11 – C3	105 32 41	105 32 45.71
ST11 – C3 – C4	190 12 52.75	190 12 57.46

- Calculations of the corrected azimuth for each segment:

✓ AZ C_1-ST_1 =247 43 10.96+128 53 23.2-180 =196 36 34.1

✓ AZ ST_1-ST_2=196 36 34.1+172 05 29.96 -180 = 188 4204.1

✓ AZ ST_2-ST_3 = 188 42 04.1+ 200 30 24.71 - 180 = 209 12 28.8

- ✓ AZ ST_3-ST_4= 209 12 28.8 + 175 02 36.46 -180 = 204 1505.3
- ✓ AZ ST_4-ST_5= 204 15 05.3 +204 14 40.21 -180 = 228 29 45.5
- ✓ AZ ST_5-ST_6= 228 29 45.5 +98 56 44.96 -180 =147 26 30.5
- ✓ AZ ST_6-ST_7= 147 26 30.5 +233 31 18.96-180 =200 57 49.4
- ✓ AZ ST_7-ST_8= 200 57 49.4 +155 46 54.96-180 =176 44 44.4
- ✓ AZ ST_8-ST_9= 176 44 44.4+157 43 47.21-180 = 154 28 31.6
- ✓ AZ ST_9-ST_{10}= 154 28 31.6 +126 10 44.71 -180 = 100 3916.3
- ✓ AZ ST_{10}-ST_{11}= 100 39 16.3 +188 17 43.96-180 = 108 5700.3
- ✓ AZ ST_{11} -C_3= 108 57 00.3 +105 32 45.71 -180 = 34 2946
- ✓ AZ C_3-C_4= 34 29 46 +190 12 57.46 -180 = 44 4343.4

AZ C_3-C_4(GPS Coor.) = AZ C_3-$C_4$from calculation=44 43 43.44(**OK**)

- **7- Elevation of points*:***

Elev. of st 1=elev. of C_1. 1+$Hi \pm \Delta H \pm t$
Hi=Height of instrument
ΔH= Tan (90-vertical angle) × horizontal distance
t=elevation of the reflector.

Elev. st 1 =974.546+1.66+64.764tan (90°- 89° 18’ 34”)-1.65=975.336
Elev. st 2 =975.336+1.64+89.071 (tan90° - 93° 33’ 18”) -1.65=974.463
Elev. st 3 =974.463+1.68+108.53tan (90°- 92° 32’ 20”)-1.65=969.681
Elev.st 4 =969.681+1.61+50.403tan (90°- 93° 15’ 8.33”)-1.65=966.777

Elev. st 5 =966.777+1.65+72.14tan (90°- 96° 40’ 21.5”)-1.65=958.337

Elev. st 6 =958.337+1.60+137.084tan (90°- 92° 51’ 14”) -1.65=951.453

Elev. st 7 =951.453+1.58+112.933tan (90°- 95° 59’ 2.75”) -1.65=939.545

Elev. st 8 =939.545+1.64+107.1tan (90°- 95° 6’ 38.75”) -1.65=929.956

Elev. st 9 =929.956+1.59+81.902tan (90°- 98° 26’ 50.75”) -1.65=917.732

Elev. st 10 =917.732+1.64+119.47tan (90°- 92° 7’ 23.25”) -1.65=913.293

Elev. st 11 =913.293+1.62+112.81tan (90°- 89° 54’ 48.25”) -1.65=913.434

- Calculation of the departure and latitude:

Line	**Length (m)**	**correctedAZIMUTH**	ΔE(m) L*sin (Az)	ΔN(m) L*cos(Az)
C_1-ST_1	64.764	196 36 34.1	-18.5126	-62.0617
ST_1- ST_2	89.071	188 42 04.1	-13.4747	-88.0459
ST_2- ST_3	108.53	209 12 28.8	-52.9607	-94.7308
ST_3- ST_4	50.403	204 15 05.3	-20.7026	-45.955
ST_4- ST_5	72.14	228 29 45.5	-54.0402	-47.7895
ST_5- ST_6	137.084	147 26 30.5	73.77259	-115.541
ST_6- ST_7	112.933	200 57 49.4	-40.4048	-105.458
ST_7- ST_8	107.1	176 44 44.4	6.079893	-106.927
ST_8- ST_9	81.902	154 28 31.6	35.2914	-73.9084
ST_9- ST_{10}	119.47	100 39 16.3	117.4103	-22.0884
ST_{10}- ST_{11}	112.81	108 57 00.3	106.6959	-36.6344
ST_{11} -C_3	54.406	34 29 46	30.81285	44.8395
∑	**1110.613**	--	**169.9673**	**-754.300**

- Calculations ofthe closure error in Easting andNorthing:

Name of station	E(m)	N(m)
C_3	157984.553	103346.745
C_1	157814.701	104101.193
C_3 - C_1	**169.852**	**-754.448**

- Error in easting and northing:

Error in easting = 169.9673-169.852= 0.1153 $\rightarrow \Delta E = -0.1153$
Error in northing = -754.300 - -754.448 =0.1478 $\rightarrow \Delta N = -0.1478$

- **By using Bowditch Rule:**
- Computing corrected ΔE and ΔN:

$$\Delta E_{corr} = \Delta E \pm L \frac{\Delta DEP}{\sum Length}$$

$$\Delta N_{corr} = \Delta N \pm L \frac{\Delta LAT}{\sum Length}$$

$$\Delta E_{corr.\ C1-ST1} = -18.5126 + 64.764 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -18.5193$$

$$\Delta N_{corr.\ C1-ST1} = -62.0617 + 64.764 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -62.0703$$

$$\Delta E_{corr.\ ST1-ST2} = -13.4747 + 89.071 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -13.4839$$

$$\Delta N_{corr.\ ST1-ST2} = -88.0459 + 89.071 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -88.0577$$

$$\Delta E_{corr.\ ST2-ST3} = -52.9607 + 108.53 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -52.9719$$

$$\Delta N_{corr.\ ST2-ST3} = -94.7308 + 108.53 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -94.7452$$

$$\Delta E_{corr.\ ST3-ST4} = -20.7026 + 50.403 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -20.7078$$

$$\Delta N_{corr.\ ST3-ST4} = -45.955 + 50.403 * \frac{-0.1478}{1110.6137} = -45.9617$$

$$\Delta E_{corr.\ ST4-ST5} = -54.0402 + 72.14 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -54.0476$$

$$\Delta N_{corr.\ ST4-ST5} = -47.7895 + 72.14 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -47.7990$$

$$\Delta E_{corr.\ ST5-ST6} = 73.77259 + 137.084 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 73.75835$$

$$\Delta N_{corr.\ ST5-ST6} = -115.541 + 137.084 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -115.5588$$

$$\Delta E_{corr.\ ST6-ST7} = -40.4048 + 112.933 * \frac{-0.1153}{1110.613} = -40.4165$$

$$\Delta N_{corr.\ ST6-ST7} = -105.458 + 112.933 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -105.4726$$

$$\Delta E_{corr.\ ST7-ST8} = 6.079893 + 107.1 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 6.06877$$

$$\Delta N_{corr.\ ST7-ST8} = -106.927 + 107.1 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -106.941$$

$$\Delta E_{corr.\ ST8-ST9} = 35.2914 + 81.902 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 35.2828$$

$$\Delta N_{corr.\ ST8-ST9} = -73.9084 + 81.902 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -73.9193$$

$$\Delta E_{corr.\ ST9-ST10} = 117.4103 + 119.47 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 117.3979$$

$$\Delta N_{corr.\ ST9-ST10} = -22.0884 + 119.47 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -22.1043$$

$$\Delta E_{corr.\ ST10-ST11} = 106.6959 + 112.81 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 106.6842$$

$$\Delta N_{corr.\ ST10-ST11} = -36.6344 + 112.81 * \frac{-0.1478}{1110.613} = -36.6493$$

$$\Delta E_{corr.\ ST11-C3} = 30.81285 + 54.406 * \frac{-0.1153}{1110.613} = 30.8072$$

$$\Delta N_{corr.\ ST11-C3} = 44.8395 + 54.406 * \frac{-0.1478}{1110.613} = 44.8322$$

Line	ΔE	ΔN	$\Delta E_{corr.}$	$\Delta N_{corr.}$
C_1-ST_1	-18.5126	-62.0617	-18.5193	-62.0704
ST_1- ST_2	-13.4747	-88.0459	-13.4840	-88.0577
ST_2- ST_3	-52.9607	-94.7308	-52.9719	-94.7453
ST_3- ST_4	-20.7026	-45.955	-20.7079	-45.9617
ST_4- ST_5	-54.0402	-47.7895	-54.0477	-47.7991
ST_5- ST_6	73.77259	-115.541	73.7584	-115.5588
ST_6- ST_7	-40.4048	-105.458	-40.4165	-105.4727
ST_7- ST_8	6.079893	-106.927	6.0688	-106.9415
ST_8- ST_9	35.2914	-73.9084	35.2829	-73.9193
ST_9- ST_{10}	117.4103	-22.0884	117.3979	-22.1043
ST_{10}- ST_{11}	106.6959	-36.6344	106.6842	-36.6494
ST_{11} -C_3	30.81285	44.8395	30.8072	44.8323
∑	**169.9673**	**-754.300**	**169.8520**	**-754.4479**

→169.8520-169.8520= 0.00

→-754.4479- -754.4480 = 0.0001

0.01 **Don't equal zerodue torounding.**

- Computing corrected coordinates:

$$E_{ST1} = E_{C1} + \Delta E_{corr}$$
$$N_{ST1} = N_{C1} + \Delta N_{corr}$$

$E_{ST1} = 157814.701 + -18.5193 = 157796.182$

$N_{ST1} = 104101.193 + -62.0704 = 104039.123$

$E_{ST2} = 157796.182 - 13.4840 = 157782.698$

$N_{ST2} = 104039.123 - 88.0577 = 103951.065$

$E_{ST3} = 157782.698 + -52.9719 = 157729.726$

$N_{ST3} = 103951.065 + -94.7453 = 103856.320$

$E_{ST4} = 157729.726 + -20.7079 = 157709.018$

$N_{ST4} = 103856.320 + -45.9617 = 103810.358$

$E_{ST5} = 157709.018 + -54.0477 = 157654.970$

$N_{ST5} = 103810.358 + -47.7991 = 103762.559$

$E_{ST6} = 157654.970 + 73.7584 = 157728.729$

$N_{ST6} = 103762.559 + -115.5588 = 103647.000$

$E_{ST7} = 157728.729 + -40.4165 = 157688.312$

$N_{ST7} = 103647.000 + -105.4727 = 103541.527$

$E_{ST8} = 157688.312 + 6.0688 = 157694.381$

$N_{ST8} = 103541.527 + -106.9415 = 103434.586$

$E_{ST9} = 157694.381 + 35.2829 = 157729.664$

$N_{ST9} = 103434.586 + -73.9193 = 103360.666$

$E_{ST10} = 157729.664 + 117.3979 = 157847.062$

$N_{ST10} = 103360.666 + -22.1043 = 103338.562$

$E_{ST11} = 157847.062 + 106.6842 = 157953.746$

$N_{ST11} = 103338.562 + -36.6494 = 103301.913$

$E_{C3} = 157953.746 + 30.8072 = 157984.5532$

$N_{C3} = 103301.913 + 44.8322 = 103346.7452$

Station #	Corrected (E)	Corrected(N)
ST1	157796.182	104039.123
ST2	157782.698	103951.065
ST3	157729.726	103856.320
ST4	157709.018	103810.358
ST5	157654.970	103762.559
ST6	157728.729	103647.000
ST7	157688.312	103541.527
ST8	157694.381	103434.586
ST9	157729.664	103360.666
ST10	157847.062	103338.562
ST11	157953.746	103301.913

- Verifying that ΔDEPand ΔLAT = 0

$$\Delta DEP = 157984.5532 - 157984.5530 = 0.0002m$$

$$\Delta LAT = 103346.7452 - 103346.7450 = 0.0002m$$

→the difference between the actual value and computed value are Not zeros due the rounding.

- Computing the accuracy of traverse:

Linear error of closure (EC) = $[(\Delta DEP)^2 + (\Delta LAT)^2]^{0.5}$

$= [(-0.1478)^2 + (-0.1153)^2]^{0.5} = 0.187$ m

Relative Accuracyof traverse = angular Misclosure error /perimeter of traverse

$\rightarrow \frac{Ec}{p}$:-

= 0.187 /1110.613

=1/5000

That means in each5000 m, we have allowedto make a mistake by 1 m only.

- Computing adjusted distances from adjusted coordinates:

$$D(c_1 - ST1) = \sqrt{X_{st1} - X_{c1}^{\ 2} + (Y_{st1} - Y_{c1})^2}$$

$$D(c_1 - ST1) = \sqrt{157796.182 - 157814.701^{\ 2} + (104039.123 - 104101.193)^2}$$

=64.773 m

By the same way, we other adjusted coordinates have been calculated:

DST_1-ST_2=89.084m

DST_2-ST_3=108.548m

DST_3-ST_4=50.411m

DST_4-ST_5= 72.152m

DST_5-ST_6=137.092m

DST_6-ST_7= 112.951m

D ST_7-ST_8= 107.114m

D ST_8-ST_9=81.908m

D ST_9-ST_{10}=119.461m

D ST_{10}-ST_{11}=112.804m

D ST_{10}-ST_{11}= 54.397m

St. number #	Adjusted distance (m)
C_1- ST_1	64.773
ST_1- ST_2	89.084
ST_2- ST_3	108.548
ST_3- ST_4	50.411
ST_4- ST_5	72.152
ST_5- ST_6	137.092
ST_6- ST_7	112.951
ST_7- ST_8	107.114
ST_8- ST_9	81.908
ST_9- ST_{10}	119.461
ST_{10}- ST_{11}	112.804
ST_{11} -C_3	54.397

15- Check second order traverse specifications

Azimuth closure $=4.5\sqrt{n}$

$=4.5\sqrt{13} = 16.225$

Position closure$=0.08\sqrt{k}$

$=0.08\sqrt{1110.613} =2.666$ m

❖ مصادر الأخطاء:

- o في Total station
  - خطاء في التسديد على المحطات بشكل صحيح.
  - خطاء في استخدام الأجهزة.
  - خطاء في الأجهزة ذاتها.
  - الإهمال والفوضوية.
  - خطاء في الحسابات.
  - خطاء في تسجيل القراءات.
- o في GPS
  - سوء استخدام الأجهزة.

- عدم ملائمة وقت الرصد.
- خلل في الأجهزة.
- أخطاء أل GPS الأخرى.

مُلحق رَقم [6]

محتويات القرص المضغوط(CD)

محتويات القرص المضغوط (CD):

١- فصول المشروع (١-8) Text (Microsoft Word).
٢- الصفحات التمهيدية والملخص (Text (Microsoft Word .
٣- الفهارس (Text (Microsoft Word.
٤- المراجع (Text (Microsoft Word.
٥- Final Design on the civil 3D (AutoCAD Civil 3D 2013) & PDF.
٦- الملاحق .
٧- تربيط نقاط المضلع الاساسي في المشروع(Text (Microsoft Word .

مُلحـق رَقـم[1]

جدول إحداثيات نقاط الرصد للمسح التفصيلي

Point Number	Easting	Northing	Elevation	Description
1	104111.081	157770.721	977.093	r
2	104108.174	157781.283	976.713	r
3	104104.922	157792.669	976.197	r
4	104102.977	157798.023	975.757	r
5	104100.900	157800.637	975.413	r curve
6	104098.711	157802.127	975.078	r curve
7	104094.485	157803.230	974.873	r
8	104087.944	157803.441	974.770	r
9	104086.720	157809.642	974.535	cl
10	104095.153	157810.313	974.632	cl
11	104105.513	157811.359	974.926	cl
12	104107.892	157801.140	975.721	cl
13	104110.663	157791.911	976.283	cl
14	104115.040	157775.683	976.924	cl
15	104118.681	157775.803	976.994	m
16	104115.823	157786.686	976.563	m
17	104114.102	157798.187	976.074	m
18	104112.907	157798.132	976.064	m
19	104117.607	157801.942	975.844	cl
20	104119.483	157792.064	976.364	cl
21	104126.549	157786.965	976.663	left
22	104124.644	157796.592	976.225	left
23	104122.387	157812.600	975.187	left
24	104120.945	157842.574	972.897	left
25	104116.425	157841.715	972.923	cl
26	104116.860	157820.763	974.461	cl
27	104111.912	157820.826	974.333	m
28	104111.247	157820.827	974.356	m
29	104111.761	157833.316	973.428	m
30	104111.647	157841.471	972.889	m
31	104110.916	157848.696	972.424	m
32	104107.445	157841.595	972.918	cl
33	104106.966	157820.295	974.320	cl
34	104101.822	157834.416	973.438	left
35	104100.521	157823.814	974.090	left
36	104098.968	157820.377	974.212	left
37	104095.796	157816.857	974.318	left
38	104094.022	157815.581	974.405	left
39	104092.023	157815.147	974.452	left
40	104065.535	157814.382	974.604	left
41	104066.341	157807.805	974.668	cl

42	104106.235	157781.325	976.969	bu
43	104100.957	157797.374	975.988	bu
44	104099.447	157799.704	975.668	bu
45	104096.479	157801.164	976.883	bu
46	104129.385	157782.662	977.176	bu
47	104126.260	157800.962	976.564	bu
48	104126.642	157805.379	976.353	bu
49	104125.490	157809.386	976.021	bu
50	104124.140	157832.396	975.100	bu
51	104099.771	157834.897	976.601	bu
52	104100.071	157823.711	974.452	bu
53	104097.680	157820.910	975.042	bu
54	104094.653	157817.891	975.117	bu
55	104093.783	157816.960	975.324	bu
56	104064.496	157817.362	975.035	bu
57	104111.539	157823.247	974.481	lp
58	104111.379	157852.973	972.469	lp
59	104113.585	157797.700	976.392	lp
60	104108.959	157776.904	978.251	ep
61	104128.908	157778.726	977.192	ep
62	104122.555	157817.056	977.008	ep
63	104174.939	157818.851	977.032	station1
64	104068.136	157813.440	974.605	bs
65	104088.000	157801.190	975.285	bu
66	104084.829	157801.531	976.376	bu
67	104071.974	157800.237	976.099	bu
68	104039.036	157796.158	975.544	st1
69	104065.003	157799.248	975.397	bu
70	104015.596	157785.278	976.161	bu
71	104084.508	157803.344	974.905	r
72	104072.296	157801.948	976.377	ep
73	104059.392	157799.665	975.100	r
74	104038.614	157793.786	975.613	r
75	104015.971	157787.386	975.876	r
76	104015.424	157786.933	975.892	r+dkle
77	104015.296	157785.309	975.988	r+dkle
78	104005.918	157788.394	975.817	r+dkle
79	104008.199	157787.652	975.782	r+dkle
80	104010.875	157786.155	975.816	r+dkle
81	104011.815	157783.652	975.993	r+dkle
82	103988.478	157785.102	975.800	r+dkle
83	103977.713	157782.602	975.526	r+dkle
84	103976.057	157780.933	975.417	r+dkle

85	103975.950	157778.578	975.066	r+dkle
86	103970.562	157776.713	974.923	r+dkle
87	103969.624	157779.196	975.252	r+dkle
88	103969.050	157780.670	975.253	r
89	103955.033	157777.660	974.682	r
90	103945.565	157780.509	974.418	left
91	103947.269	157778.113	974.387	lcl
92	103953.534	157781.194	974.740	lcl
93	103968.731	157784.949	975.355	lcl
94	103994.671	157790.131	975.882	lcl
95	104011.027	157793.416	975.830	lcl
96	104055.027	157805.258	975.009	lc
97	104054.449	157809.960	974.988	left
98	104038.927	157806.265	975.379	left
99	104015.533	157799.854	975.747	left
100	103993.024	157792.702	975.927	left
101	103980.049	157789.575	975.726	left
102	104039.719	157793.744	976.982	ep
103	103995.081	157789.275	975.871	mh
104	104007.335	157785.685	976.014	ep
105	103980.963	157780.741	976.201	ep
106	103955.356	157775.564	976.213	ep
107	104008.257	157782.415	976.188	tp
108	103993.279	157794.852	976.258	tp
109	104066.000	157800.856	975.158	mh
110	104070.992	157804.470	974.700	mh
111	104077.832	157809.156	974.512	inl
112	104075.655	157812.065	974.596	mh
113	104084.329	157809.981	974.591	mh
114	104059.759	157818.509	975.914	bu
115	104052.800	157816.711	976.037	bu
116	104045.924	157816.369	976.064	bu
117	104038.828	157818.404	976.095	bu
118	104038.798	157812.385	976.059	bu
119	104022.336	157807.665	977.271	bu
120	104009.666	157802.199	975.985	bu
121	104003.579	157802.921	976.570	bu
122	104003.309	157801.986	976.569	bu
123	103997.122	157802.825	976.960	bu
124	103987.559	157801.217	979.084	bu
125	103988.064	157795.885	978.817	bu
126	103957.500	157791.840	981.791	bu
127	103960.489	157773.550	976.907	bu

128	103971.107	157775.826	977.425	bu
129	103951.850	157782.110	977.425	st
130	103951.067	157782.608	974.732	st2
131	103955.022	157775.870	976.365	ep
132	103955.894	157773.613	976.391	bu
133	103942.378	157767.151	976.394	bu
134	103953.723	157790.276	975.203	cw+dkle
135	103952.802	157797.337	975.424	cw+dkle
136	103948.802	157797.983	975.486	sw+dkle
137	103950.028	157789.376	975.152	as+dkle
138	103948.816	157789.444	975.494	sw
139	103947.480	157786.881	975.093	sw
140	103938.950	157781.059	974.602	sw
141	103928.850	157774.033	973.700	sw
142	103923.014	157768.614	973.143	sw
143	103921.711	157767.433	973.076	sw
144	103896.468	157753.769	971.807	sw
145	103933.852	157777.804	974.768	tp
146	103949.031	157791.694	975.619	tp
147	103943.840	157771.232	974.087	r
148	103936.614	157769.162	973.554	r
149	103937.413	157768.389	973.609	cw
150	103922.400	157757.142	972.004	cw
151	103922.022	157759.492	972.088	r
152	103912.892	157754.736	971.561	r
153	103895.053	157745.856	970.855	r
154	103877.034	157737.309	970.408	r
155	103865.916	157732.756	970.117	r
156	103857.125	157729.606	969.911	r
157	103856.046	157729.568	969.899	st3
158	103847.519	157727.322	969.642	r
159	103860.066	157734.228	970.077	cl
160	103870.893	157738.218	970.316	cl
161	103882.767	157743.443	970.603	cl
162	103896.514	157750.385	971.050	cl
163	103911.785	157758.346	971.741	cl
164	103927.641	157767.485	972.954	cl
165	103939.031	157774.180	973.903	cl
166	103938.782	157777.369	973.978	left
167	103928.438	157770.918	973.167	left
168	103914.021	157762.915	972.065	left
169	103907.012	157757.260	971.563	mh
170	103897.247	157753.894	971.213	left

171	103881.598	157745.964	970.626	left
172	103914.495	157753.270	972.742	ep
173	103876.160	157742.097	970.498	mh
174	103881.856	157736.752	971.737	ep
175	103847.066	157726.550	969.758	ep
176	103900.778	157741.646	973.328	bu
177	103886.110	157735.159	973.545	bu
178	103856.186	157722.303	972.456	bu
179	103843.463	157720.026	972.105	bu
180	103941.090	157769.946	973.970	maddeh
181	103957.319	157776.896	975.116	maddeh
182	103957.629	157788.983	975.480	maddeh
183	103966.541	157790.138	975.689	maddeh
184	103957.009	157791.755	975.774	bu again
185	103921.781	157755.254	971.308	dkle
186	103922.035	157753.539	971.023	dkle
187	103917.908	157752.178	970.839	dkle
188	103881.658	157746.082	970.634	sw .cw
189	103876.084	157743.713	970.617	cw cw+dkle
190	103875.350	157744.680	970.777	cw cw+dkle
191	103872.189	157742.585	970.698	cw cw+dkle
192	103870.262	157748.606	971.790	cw cw+dkle
193	103870.717	157741.331	970.388	left
194	103852.904	157736.286	969.931	left
195	103842.509	157733.845	969.534	left
196	103846.378	157735.689	969.788	sw
197	103847.048	157726.595	969.737	ep
198	103837.331	157736.347	969.612	tp
199	103822.930	157728.591	968.781	ep
200	103846.486	157737.317	970.248	level
201	103853.617	157739.631	970.542	level
202	103862.737	157742.282	970.642	level
203	103860.775	157724.255	968.919	level
204	103869.415	157726.569	968.754	level
205	103878.721	157729.465	968.739	level
206	103873.907	157733.228	970.076	level
207	103869.077	157732.094	969.944	level
208	103857.104	157728.046	970.045	maddeh
209	103843.193	157725.455	969.565	maddeh
210	103856.125	157722.289	969.955	bu
211	103843.342	157719.994	972.818	bu
212	103833.226	157735.533	969.704	bu
213	103824.794	157734.180	970.969	bu

214	103834.829	157731.145	969.122	left
215	103825.366	157726.807	968.509	left
216	103820.000	157721.205	967.914	left
217	103823.811	157720.269	968.078	cl
218	103832.809	157725.831	968.809	cl
219	103813.228	157717.893	967.662	bu
220	103843.533	157729.598	969.500	cl
221	103857.400	157733.955	970.016	cl
222	103868.711	157737.304	970.270	cl
223	103810.002	157708.908	967.059	st4
224	103846.279	157727.089	969.533	r
225	103837.405	157723.846	968.888	r
226	103827.780	157719.153	968.209	r
227	103823.906	157716.620	967.828	r
228	103820.616	157712.780	967.511	r
229	103816.058	157706.467	967.017	r
230	103809.141	157697.333	966.252	r
231	103803.307	157689.320	965.421	r
232	103798.876	157682.675	964.529	r
233	103793.711	157674.697	963.276	r
234	103789.405	157668.192	962.228	r
235	103785.809	157663.251	961.448	r
236	103781.645	157658.536	960.743	r
237	103777.742	157656.100	960.306	r
238	103773.982	157654.979	959.898	r
239	103769.512	157654.591	959.442	r
240	103762.046	157654.890	958.622	st 5
241	103766.781	157657.585	959.172	cl
242	103772.522	157658.624	959.851	cl
243	103775.819	157659.878	960.277	cl
244	103780.104	157662.510	960.914	cl
245	103786.444	157670.804	962.308	cl
246	103793.184	157680.236	963.825	cl
247	103803.950	157695.304	965.908	cl
248	103812.568	157707.273	966.976	cl
249	103819.978	157716.864	967.701	cl
250	103814.060	157713.415	967.356	left
251	103811.300	157718.045	967.363	bu
252	103805.477	157702.211	966.405	left
253	103800.576	157695.250	965.769	left
254	103793.347	157685.441	964.417	left
255	103792.296	157684.004	964.167	mh
256	103788.216	157678.782	963.303	left

257	103782.414	157670.883	961.902	left
258	103779.073	157667.334	961.204	left
259	103771.320	157662.457	959.863	left
260	103775.127	157661.443	960.314	mh
261	103798.054	157676.167	964.689	bu
262	103774.117	157668.932	960.752	bu
263	103819.018	157699.274	967.082	bu
264	103785.900	157683.897	963.762	bu
265	103790.696	157686.712	964.569	dkle
266	103789.057	157687.889	964.657	dkle
267	103792.570	157691.343	964.973	dkle
268	103795.206	157690.465	965.075	dkle
269	103793.955	157692.824	965.377	bu
270	103795.249	157696.254	966.327	bu
271	103811.923	157717.639	969.443	bu
272	103828.333	157716.433	969.025	bu
273	103826.062	157714.009	967.462	dkle
274	103829.077	157705.300	966.673	dkle
275	103825.580	157701.451	966.492	dkle
276	103821.631	157709.097	967.164	dkle
277	103823.860	157703.141	968.394	tp
278	103795.338	157691.797	967.964	tp
279	103790.333	157662.594	962.167	tp
280	103790.077	157661.757	964.182	ep
281	103794.843	157669.422	963.066	bu
282	103790.089	157655.700	961.428	bu
283	103767.601	157650.252	959.934	tp
284	103782.644	157649.839	961.274	tp
285	103761.685	157666.507	959.207	tp
286	103752.316	157670.149	958.739	tp
287	103769.571	157661.721	959.624	left
288	103764.939	157661.100	959.009	left
289	103758.221	157661.709	958.243	left
290	103750.294	157664.040	957.488	left
291	103744.341	157667.295	956.948	mh
292	103738.241	157670.721	956.466	left
293	103748.711	157653.687	959.015	tp
294	103747.866	157653.161	958.938	ep
295	103731.651	157664.202	956.444	ep
296	103718.109	157686.017	954.949	left
297	103713.826	157690.552	954.678	dkle
298	103715.876	157694.809	955.202	dkle
299	103714.208	157698.753	955.609	dkle

300	103711.291	157694.821	954.713	dkle
301	103702.575	157698.435	954.164	left
302	103705.940	157686.581	956.059	tp
303	103690.362	157708.120	953.626	left
304	103699.130	157691.450	955.562	ep
305	103681.249	157713.819	953.283	left
306	103671.638	157720.050	952.968	left
307	103663.056	157724.349	952.740	dkle
308	103663.420	157730.583	953.334	dkle
309	103658.987	157733.090	953.624	dkle+cw
310	103657.381	157730.299	952.860	dkle+cw
311	103657.155	157728.839	952.627	mh
312	103659.968	157727.062	952.758	left
313	103657.219	157727.388	952.612	left
314	103647.029	157729.077	951.921	left
315	103646.570	157729.120	951.905	st 6
316	103643.904	157731.233	951.860	cw
317	103712.955	157698.893	956.174	ep
318	103656.082	157722.359	952.346	cl
319	103662.472	157720.510	952.620	cl
320	103672.527	157715.404	952.933	cl
321	103681.991	157709.284	953.247	cl
322	103690.553	157703.874	953.601	cl
323	103691.049	157716.253	954.170	bu
324	103710.210	157700.662	954.380	bu
325	103712.560	157698.704	954.736	cw
326	103721.525	157708.937	957.983	cw
327	103658.352	157731.483	954.784	ep
328	103709.695	157689.902	954.547	cl
329	103721.610	157679.651	955.287	cl
330	103732.190	157671.586	956.066	cl
331	103744.732	157663.522	957.086	cl
332	103752.226	157659.945	957.753	cl
333	103761.094	157658.292	958.588	cl
334	103758.782	157655.311	958.350	r
335	103767.628	157649.458	959.968	cw
336	103762.206	157646.378	960.889	bu
337	103750.423	157648.032	960.424	bu
338	103747.382	157653.257	957.688	cw
339	103744.588	157652.519	960.407	bu
340	103754.854	157656.194	957.971	bu
341	103748.897	157658.096	957.505	bu
342	103740.367	157662.494	956.800	bu

343	103731.750	157660.019	957.111	bu
344	103733.434	157667.061	956.257	r
345	103718.796	157671.602	959.246	bu
346	103715.355	157681.126	955.000	r
347	103701.721	157692.465	954.110	r
348	103700.666	157687.577	954.841	bu
349	103699.033	157692.245	953.987	cw school
350	103688.459	157701.562	953.530	r
351	103676.088	157710.468	953.025	r
352	103669.158	157715.069	952.791	r
353	103667.348	157714.289	952.815	cw
354	103682.157	157704.773	954.898	tp
355	103680.456	157719.112	953.276	level
356	103690.499	157712.109	953.864	level
357	103702.032	157704.454	954.206	level
358	103718.561	157691.681	954.922	level
359	103726.188	157685.254	955.399	level
360	103736.103	157681.712	957.986	level
361	103746.466	157676.792	958.664	level
362	103753.584	157667.219	958.447	level
363	103759.503	157665.454	958.717	level
364	103657.971	157717.988	952.662	tp
365	103664.971	157726.570	955.147	ep
366	103638.613	157721.882	953.646	tp
367	103608.864	157719.445	948.662	tp
368	103656.134	157718.563	952.334	cw
369	103639.190	157722.549	951.375	cw
370	103591.187	157710.701	947.204	tp
371	103626.387	157730.443	950.901	ep
372	103633.260	157731.747	951.424	cw
373	103667.989	157715.252	952.739	r
374	103662.399	157717.691	952.586	r
375	103651.400	157721.135	952.094	r
376	103644.781	157722.827	951.741	r
377	103633.899	157723.778	950.988	r
378	103625.353	157723.721	950.295	r
379	103617.762	157723.527	949.536	r
380	103610.103	157722.064	948.691	r
381	103605.568	157720.504	948.096	r
382	103606.880	157719.079	948.054	level
383	103614.557	157720.932	948.969	level
384	103628.074	157721.565	950.376	level
385	103600.441	157717.936	947.340	r

386	103596.720	157715.940	946.797	r
387	103582.011	157706.081	944.498	r
388	103571.517	157699.460	943.140	r
389	103566.184	157696.618	942.576	r
390	103553.326	157691.687	941.294	r
391	103543.091	157689.085	940.264	r
392	103543.119	157691.612	940.362	r
393	103553.700	157694.878	941.476	cl
394	103564.844	157699.529	942.642	cl
395	103580.486	157708.825	944.640	cl
396	103591.554	157716.239	946.336	cl
397	103601.115	157721.745	947.769	cl
398	103608.780	157724.761	948.797	cl
399	103616.518	157726.344	949.671	cl
400	103629.772	157726.588	950.802	cl
401	103638.643	157726.192	951.398	cl
402	103646.680	157725.592	951.898	cl
403	103640.054	157729.638	951.624	left
404	103623.046	157729.593	950.440	left
405	103613.014	157728.842	949.559	left
406	103606.994	157727.499	948.916	left
407	103600.022	157724.591	947.928	left
408	103597.939	157733.659	949.487	bu
409	103596.388	157732.809	949.316	level
410	103608.462	157731.858	949.676	level
411	103621.417	157733.269	950.651	level
412	103593.492	157727.091	947.776	level
413	103587.466	157724.735	947.385	level
414	103596.884	157722.918	947.515	left
415	103588.723	157717.684	946.233	left
416	103567.229	157703.964	943.054	left
417	103558.932	157700.181	942.147	left
418	103559.059	157698.474	942.098	mh
419	103547.165	157696.351	940.924	left
420	103540.257	157694.731	940.164	left
421	103540.953	157688.967	940.100	st 7
422	103625.921	157735.087	951.724	bu
423	103555.109	157704.931	942.930	bu
424	103551.227	157701.160	942.606	bu
425	103537.053	157682.395	940.053	level
426	103543.887	157683.674	940.162	level
427	103545.060	157681.946	940.512	b
428	103535.148	157680.725	940.343	b

429	103546.769	157700.524	941.584	level
430	103538.519	157699.153	941.417	level
431	103557.411	157690.801	941.633	level
432	103575.119	157699.111	943.478	tp
433	103550.632	157687.460	942.664	tp
434	103533.519	157687.873	939.355	r
435	103515.650	157686.419	937.828	r
436	103497.235	157687.661	936.354	r
437	103464.750	157690.337	933.692	r
438	103447.064	157692.350	932.163	r
439	103439.348	157693.706	931.307	r
440	103431.591	157696.022	930.315	r
441	103434.772	157697.591	930.684	cl
442	103434.007	157695.366	930.638	st 8
443	103440.654	157696.549	931.418	cl
444	103432.221	157693.751	930.608	sw
445	103447.121	157690.679	932.220	sw
446	103459.513	157689.097	933.488	sw
447	103451.757	157694.747	932.587	cl
448	103464.244	157693.302	933.629	cl
449	103493.954	157691.284	936.015	cl
450	103511.081	157689.887	937.436	cl
451	103528.519	157690.639	938.916	cl
452	103538.210	157691.655	939.909	cl
453	103528.079	157692.138	938.895	mh
454	103538.187	157694.436	939.967	mh
455	103526.676	157693.346	938.740	left
456	103508.953	157692.605	937.260	left
457	103529.307	157698.779	939.091	level
458	103488.462	157694.224	935.574	left
459	103484.779	157693.609	935.293	mh
460	103470.010	157695.228	934.054	left
461	103456.755	157696.701	933.037	left
462	103433.638	157701.529	930.413	left
463	103511.842	157695.956	937.773	cw
464	103491.890	157696.703	936.169	cw
465	103497.448	157685.927	936.837	sw
466	103496.908	157681.446	938.391	bu
467	103517.692	157679.889	940.851	bu
468	103523.314	157680.258	940.083	bu
469	103523.596	157698.792	938.477	level
470	103431.735	157693.950	933.515	tp
471	103457.828	157690.024	935.461	tp

472	103482.758	157687.881	937.317	tp
473	103520.605	157684.669	940.096	tp
474	103517.845	157682.917	941.783	ep
475	103491.238	157687.225	942.455	ep
476	103455.746	157689.775	939.788	ep
477	103545.568	157686.238	940.585	ep
478	103467.974	157703.664	937.913	bu
479	103481.025	157702.135	939.946	bu
480	103459.398	157699.155	933.682	cw
481	103464.728	157698.311	935.352	cw
482	103465.469	157703.964	937.172	bu
483	103451.257	157705.441	939.600	bu
484	103446.862	157702.504	932.882	cw
485	103432.562	157705.405	930.192	cw
486	103405.786	157704.481	926.825	tp
487	103388.862	157715.136	923.089	tp
488	103419.990	157712.675	930.464	ep
489	103390.225	157730.795	930.882	ep
490	103426.042	157689.892	928.689	bu
491	103389.180	157711.756	926.322	bu
492	103420.583	157699.937	928.454	r
493	103438.510	157699.161	931.176	mh
494	103406.731	157708.359	926.048	r
495	103394.927	157716.229	923.741	r
496	103381.428	157720.916	921.635	r
497	103375.477	157721.711	920.835	r
498	103372.143	157719.187	920.396	r
499	103362.403	157722.545	919.461	left
500	103368.602	157724.999	919.947	cl
501	103359.051	157729.944	918.546	lft
502	103360.109	157730.870	918.516	st 9
503	103353.606	157734.126	916.969	r
504	103348.174	157744.483	916.230	r
505	103343.885	157738.673	915.598	left
506	103368.985	157735.292	919.210	left
507	103381.173	157730.777	921.575	left
508	103392.041	157726.090	922.957	left
509	103404.598	157717.678	925.127	left
510	103412.616	157712.379	926.624	left
511	103414.650	157718.528	926.713	r
512	103418.502	157708.784	927.606	left
513	103419.818	157712.500	927.243	left
514	103425.361	157705.645	928.910	left

515	103437.244	157702.000	930.920	left
516	103448.433	157699.821	932.353	left
517	103430.686	157699.789	930.024	cl
518	103420.219	157703.951	928.248	cl
519	103410.723	157709.457	926.537	cl
520	103398.297	157717.767	924.252	cl
521	103387.774	157723.624	922.540	cl
522	103378.557	157726.527	921.175	cl
523	103377.862	157726.760	921.040	mh
524	103370.941	157728.856	919.994	cl
525	103363.636	157731.357	918.810	cl
526	103365.532	157738.054	918.201	cw
527	103372.854	157734.927	920.111	cw
528	103378.543	157734.016	921.475	cw
529	103380.439	157733.809	922.298	cw
530	103390.627	157731.719	922.738	cw
531	103401.487	157723.961	924.599	cw
532	103409.719	157717.881	925.897	cw
533	103413.862	157716.274	926.688	cw
534	103431.752	157710.521	929.872	bu
535	103424.405	157713.650	929.727	bu
536	103421.410	157717.261	931.765	bu
537	103361.987	157768.171	917.172	ep
538	103363.807	157768.342	919.159	ep
539	103339.407	157818.954	916.438	ep
540	103353.803	157811.109	917.886	ep
541	103356.957	157729.872	919.712	ep
542	103400.637	157707.951	925.096	level
543	103387.697	157714.852	922.693	level
544	103378.163	157715.314	921.238	level
545	103373.313	157711.433	920.563	level
546	103385.367	157712.458	926.928	bu
547	103381.541	157710.326	928.026	bu
548	103380.095	157706.920	926.113	bu
549	103342.693	157730.721	915.037	r
550	103339.467	157734.315	914.789	r
551	103346.577	157742.001	916.032	r
552	103350.827	157749.756	916.512	r
553	103353.523	157756.785	916.550	r
554	103354.452	157772.734	916.291	r
555	103351.294	157793.591	916.233	r
556	103348.063	157804.069	916.280	r
557	103336.797	157834.900	915.009	r

558	103332.022	157850.970	913.676	r
559	103334.768	157851.190	913.791	cl
560	103343.284	157824.951	915.763	cl
561	103352.569	157800.220	916.352	cl
562	103357.139	157775.368	916.341	cl
563	103357.528	157750.218	916.862	cl+mh
564	103359.594	157738.595	917.651	cl
565	103363.310	157740.895	917.707	left
566	103361.022	157752.199	916.972	left
567	103359.337	157776.350	916.366	left
568	103357.840	157785.334	916.317	mh
569	103353.722	157804.095	916.407	left
570	103357.181	157809.079	918.410	lvel
571	103361.846	157797.049	918.638	lvel
572	103358.412	157799.569	917.375	lvel
573	103352.811	157812.704	916.751	dkle
574	103356.598	157816.440	917.526	dkle
575	103354.259	157819.551	917.487	dkle+bu
576	103350.710	157816.335	916.609	left
577	103351.243	157816.829	916.805	cw
578	103345.809	157826.517	915.746	left
579	103341.160	157840.281	914.881	left
580	103339.809	157845.995	914.526	cw
581	103337.029	157853.080	913.769	left
582	103334.297	157863.640	912.627	left
583	103350.091	157820.275	916.294	bu
584	103345.525	157832.731	915.379	bu+cw
585	103338.324	157848.480	914.205	st10
586	103364.448	157790.106	916.704	bu
587	103365.815	157771.548	918.067	bu
588	103366.167	157764.383	917.377	bu
589	103368.187	157745.061	918.167	bu
590	103368.687	157743.811	918.261	bucurv
591	103370.080	157743.073	919.439	bu
592	103345.025	157768.180	918.125	bu
593	103337.327	157812.455	917.479	bu
594	103334.963	157823.849	917.462	bu
595	103343.190	157777.485	916.282	bu
596	103342.247	157787.211	916.852	bu
597	103340.030	157787.246	916.976	bu
598	103340.361	157797.103	916.833	bu
599	103338.507	157805.249	916.529	bu
600	103338.133	157808.989	916.319	bu

601	103325.563	157857.869	914.648	ep
602	103321.235	157879.299	911.775	ep
603	103332.068	157880.704	915.933	ep
604	103318.294	157922.931	914.840	ep
605	103320.680	157860.919	914.769	bu
606	103319.943	157870.958	916.754	bu
607	103316.452	157885.810	913.255	bu
608	103313.171	157897.295	912.583	bu
609	103338.926	157866.859	916.145	bu
610	103335.049	157874.811	916.313	bu
611	103331.921	157851.342	913.686	r
612	103323.798	157878.772	911.016	r
613	103318.182	157901.539	910.466	r
614	103310.542	157918.234	910.817	r
615	103305.435	157926.046	911.337	r
616	103308.261	157928.369	911.460	cl
617	103315.249	157916.195	910.711	cl
618	103322.297	157899.184	910.546	cl
619	103328.703	157875.091	911.336	cl
620	103333.961	157857.355	913.206	cl
621	103332.053	157873.180	911.632	left
622	103329.509	157883.523	910.947	left
623	103324.172	157901.834	910.579	left
624	103323.397	157916.550	916.014	bu
625	103316.038	157921.353	911.042	left
626	103307.982	157936.997	912.400	left
627	103305.025	157943.675	913.162	left
628	103305.989	157949.064	913.868	left
629	103307.722	157952.456	914.373	left
630	103301.986	157955.285	914.490	st11
631	103320.979	157922.764	912.310	st11
632	103312.735	157937.697	916.980	st11
633	103333.020	157888.877	911.935	bu
634	103303.119	157928.654	911.583	left
635	103296.163	157934.063	912.366	r
636	103286.028	157937.949	913.221	r
637	103276.841	157936.654	913.248	r
638	103272.252	157943.837	913.610	eft+sw
639	103293.095	157954.723	914.352	eft+sw
640	103308.975	157963.576	915.455	eft+sw
641	103344.695	157983.910	919.771	eft+sw
642	103332.782	157976.972	918.916	ep
643	103345.768	157978.401	919.270	left

644	103326.173	157966.622	916.810	left
645	103313.068	157957.325	915.248	left
646	103307.713	157952.202	914.336	left
647	103305.052	157954.018	914.461	cl
648	103297.061	157946.234	913.540	cl
649	103317.669	157963.760	915.952	cl
650	103335.985	157975.328	918.247	cl
651	103348.586	157983.626	920.060	cl
652	103323.672	157957.521	922.001	bu
653	103314.823	157951.210	920.538	bu
654	103312.415	157946.473	920.601	bu
655	103311.900	157943.458	920.067	bu
656	103312.199	157939.472	920.141	bu
657	103327.126	157964.556	921.875	bu
658	103345.702	157977.056	926.913	bu
659	103333.795	157978.889	921.112	level
660	103298.186	157959.253	917.222	level
661	103300.811	157921.650	918.637	bu
662	103296.634	157927.442	918.229	bu
663	103293.623	157929.607	918.124	bu
664	103288.923	157931.082	918.161	bu
665	103285.897	157929.424	917.376	bu
666	103283.824	157933.427	917.287	bu
667	103279.604	157933.423	918.409	bu
668	103271.953	157929.775	919.023	bu
669	103276.983	157947.923	915.972	level
670	103312.990	157897.818	914.180	bu
671	103305.338	157924.134	912.060	cw
672	103298.919	157930.849	912.077	cw
673	103289.887	157934.439	913.170	cw
674	103296.138	157964.932	917.457	cl+level
850	157803.476	104036.820	975.671	storm
849	157818.535	104104.860	974.416	storm-outlet
876	157747.045	103886.861	970.760	storm
875	157726.807	103825.366	968.509	storm
874	157661.661	103770.014	959.674	storm
873	157688.169	103708.670	955.123	storm
872	157729.539	103652.961	952.424	storm
871	157725.862	103595.041	947.737	storm
870	157693.768	103541.823	940.296	storm
869	157696.360	103451.031	932.541	storm
867	157720.030	103389.763	922.950	storm
866	157741.526	103351.396	916.642	storm

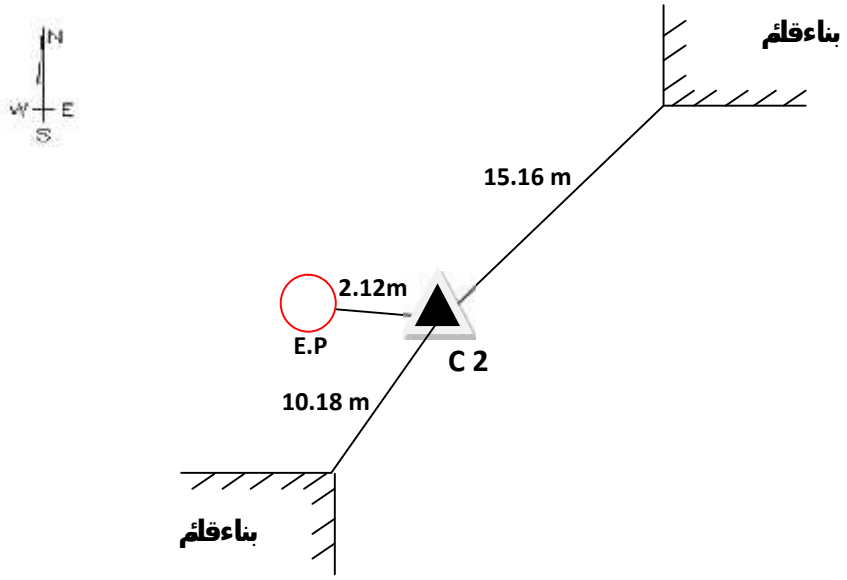
877	157724.713	103329.833	910.540	storm-outlet
843	157946.234	103297.061	913.540	storm
847	157924.069	103309.618	911.189	storm
841	157897.969	103320.670	911.011	storm
840	157864.871	103327.910	914.092	storm
844	157837.937	103306.539	910.510	storm
845	157800.297	103297.439	906.230	storm-outlet
c1	104101.193	157814.701	974.546	st
c2	104112.821	157800.285	976.163	st
c1	104101.193	157814.701	974.546	st
c2	104112.821	157800.285	976.163	st
c11	104101.193	157814.701	974.546	st
c22	104112.821	157800.285	976.163	st
cc	104112.821	157800.285	976.163	BS
st1	104039.131	157796.188	975.413	st

مُلحق

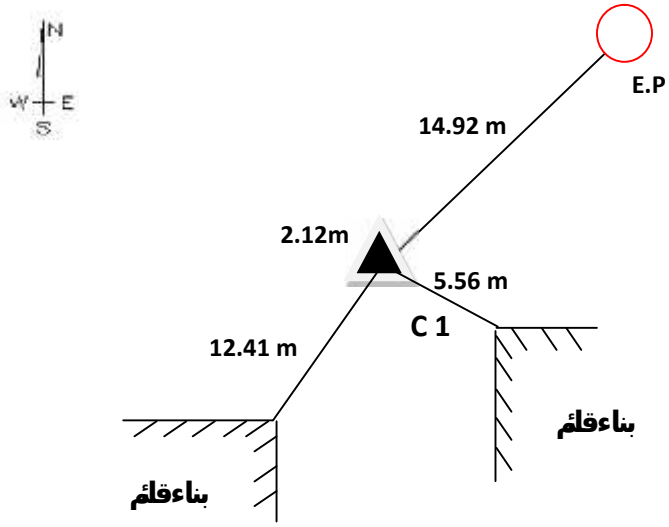
تَربيط النُقط

- **الأشكال** التالية أيضا تبين تربيط **المحطات وقطا الـ** GPS **ومسافات** التربيط :

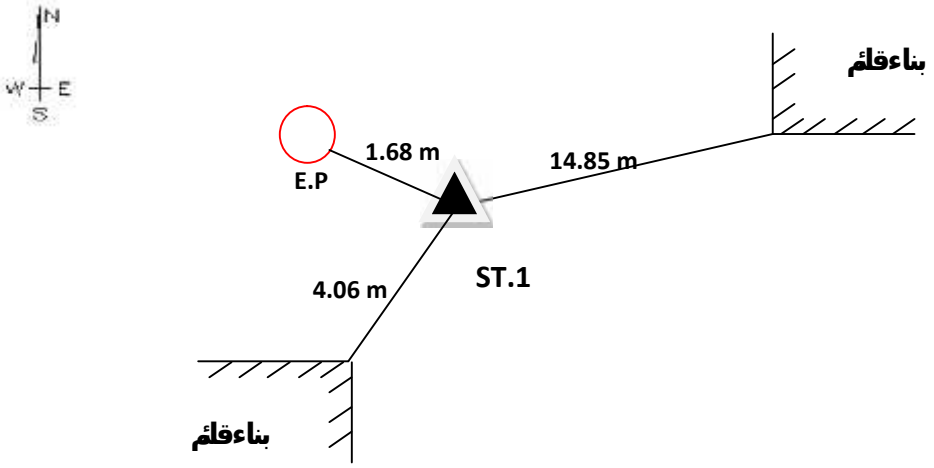
← تربيط **القطة** [C 2]



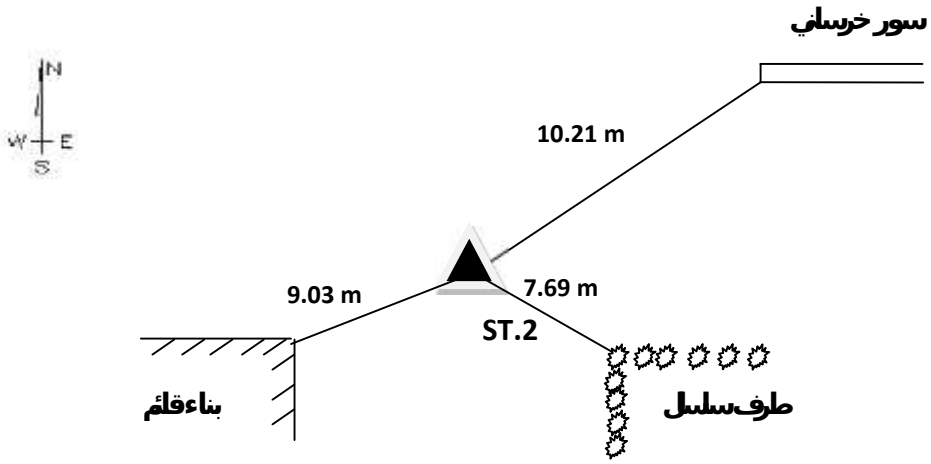
← تربيط **القطة** [C 1]



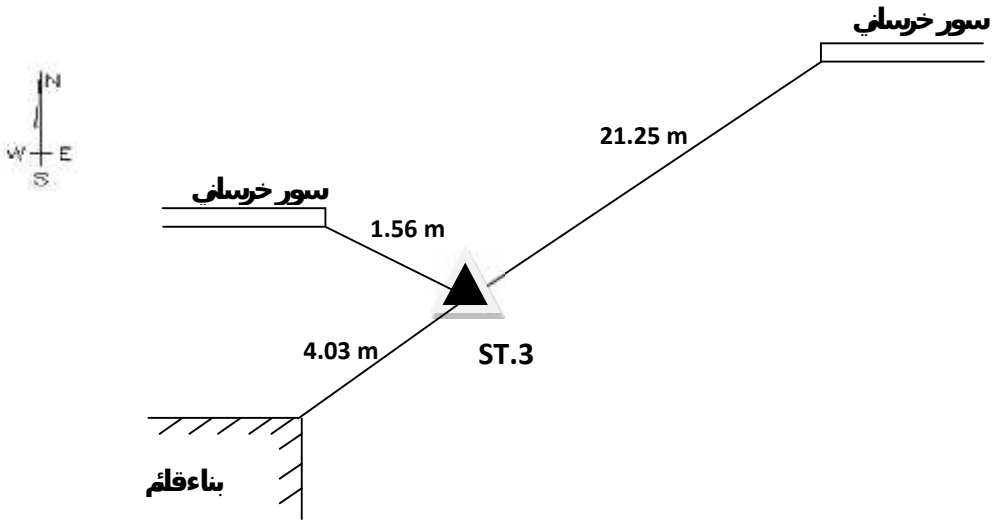
← تربيط المحطة [ST.1]



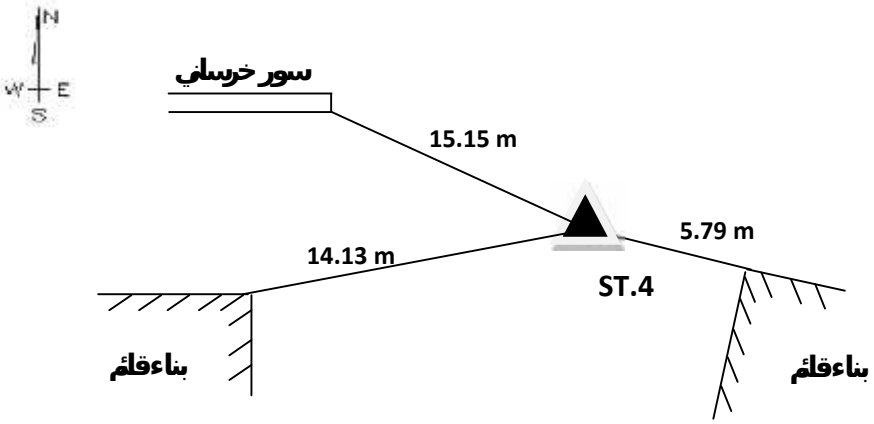
← تربيط المحطة [ST.2]



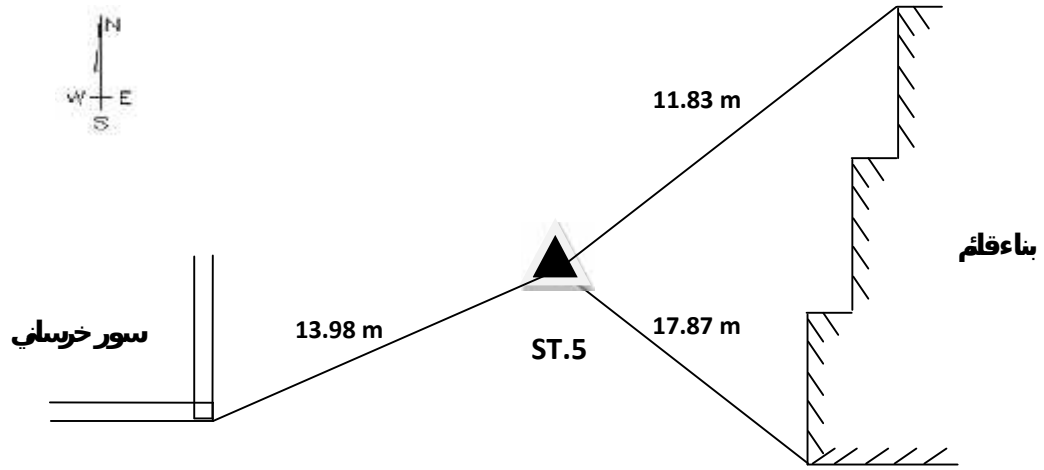
← تربيط المحطة [ST.3]



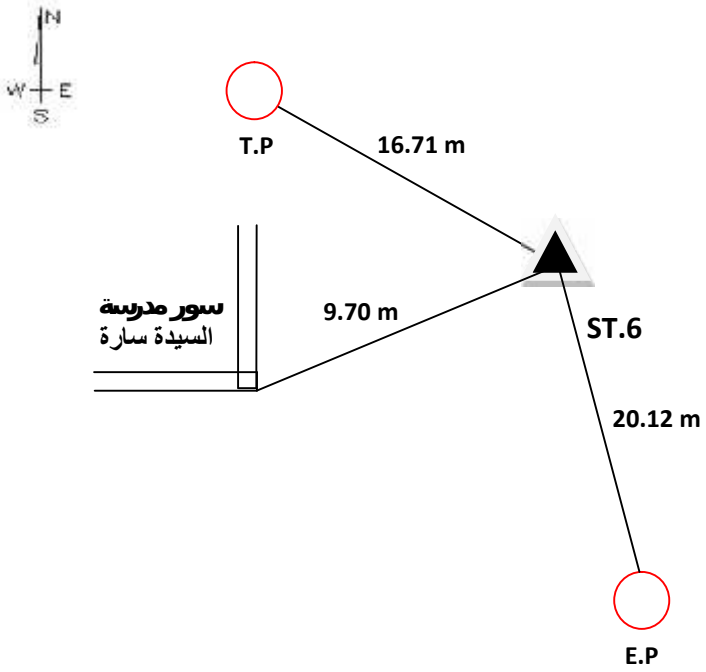
← تربيط المحطة [ST.4]



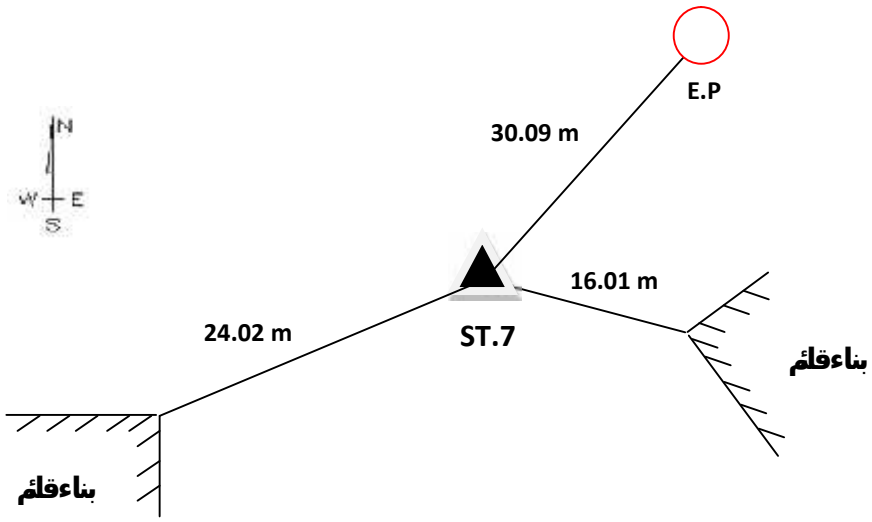
← تربيط المحطة [ST.5]



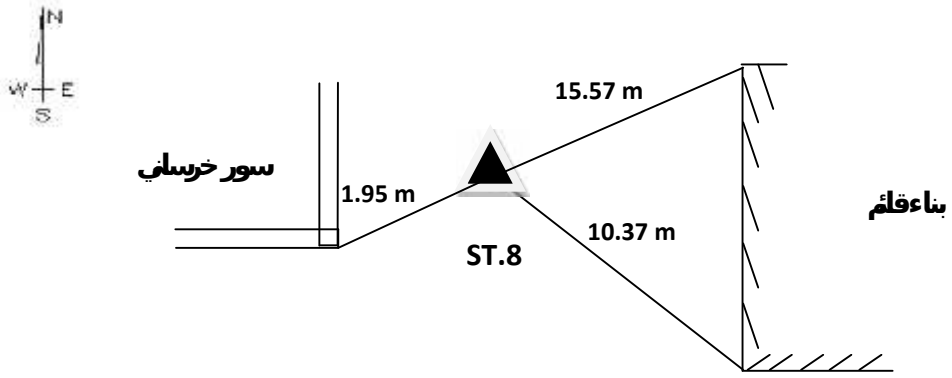
← تربيط المحطة [ST.6]



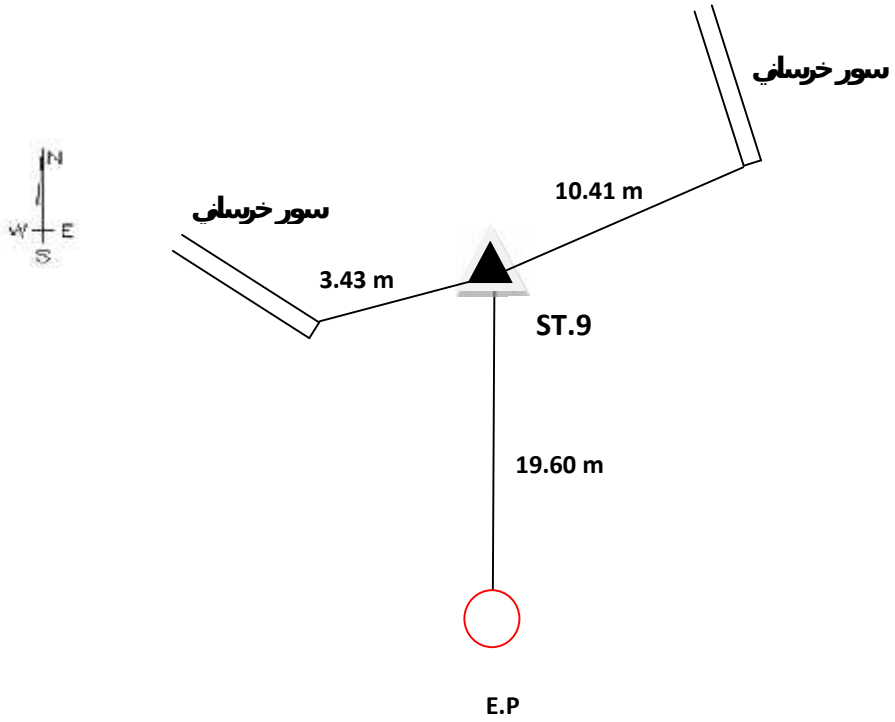
← تربيط المحطة [ST.7]



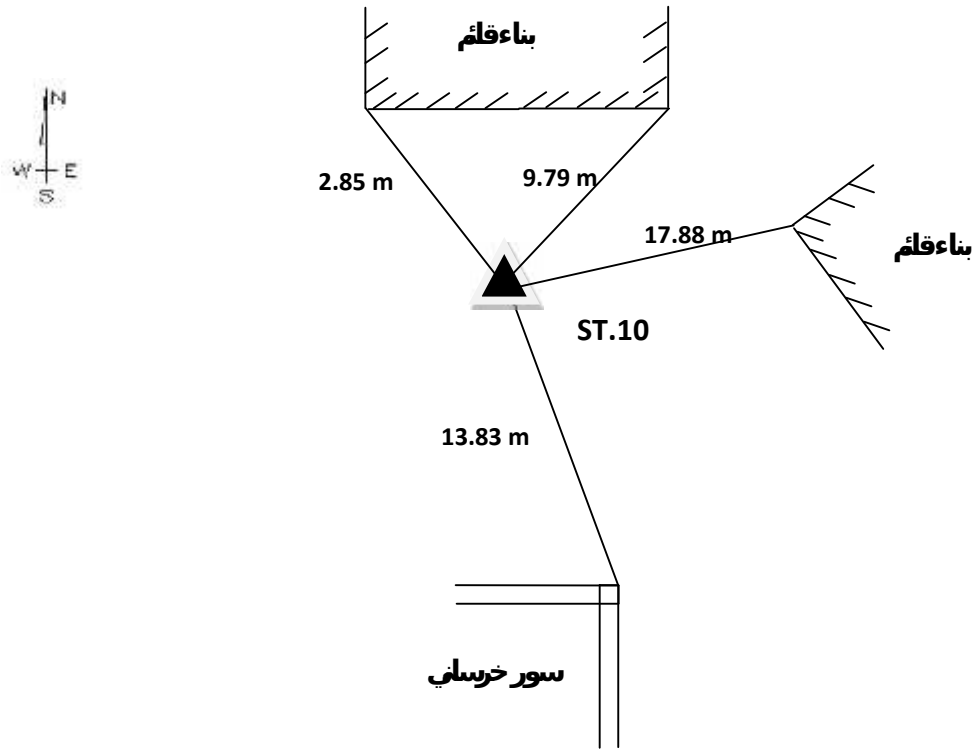
← تربيط المحطة [ST.8]



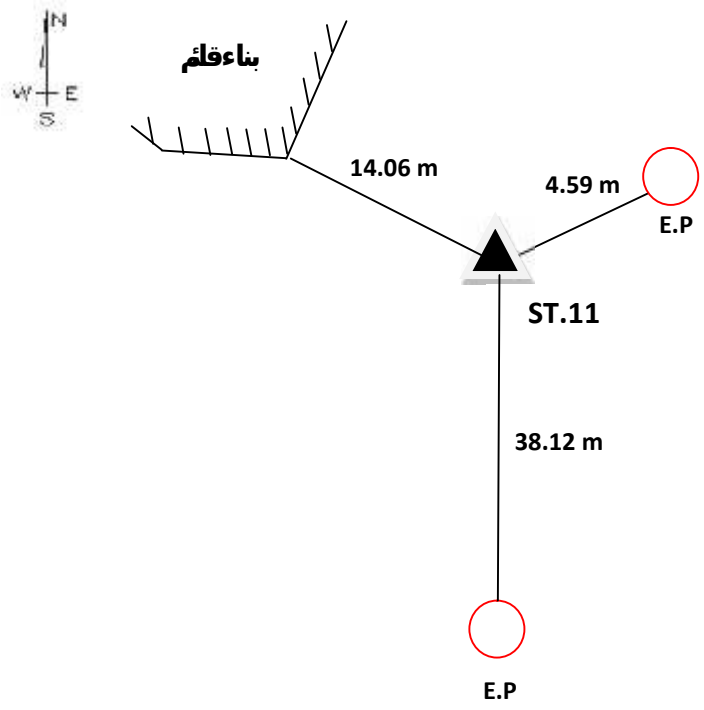
← تربيط المحطة [ST.9]



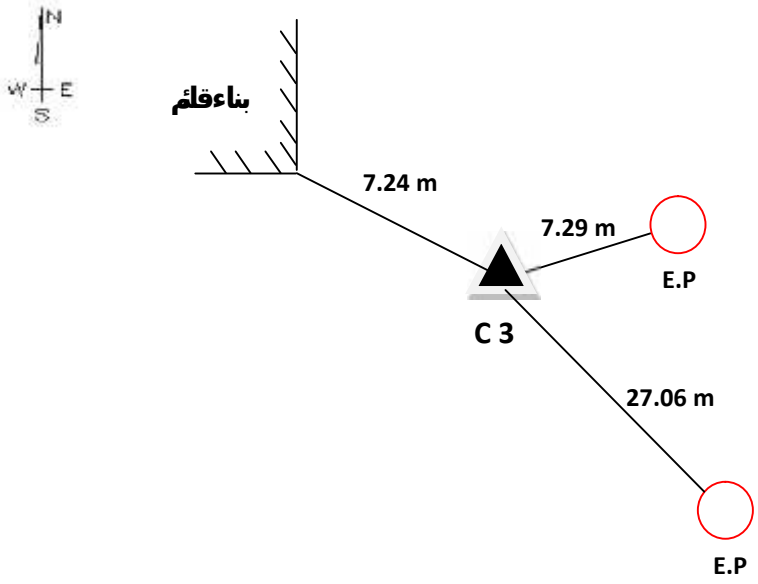
← تربيط المحطة [ST.10]



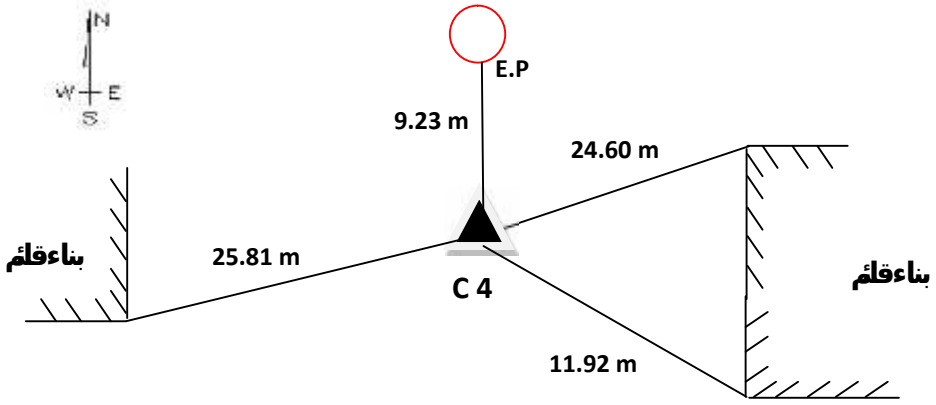
← تربيط المحطة [ST.11]



← تربيط النقطة [C 3]



← تربيط النقطة [C 4]



مُلحق رَقم [5]

Horizontal Alignment Curve Report

Almanshr Albsa Road

Horizontal Alignment Curve Report

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+00.000	104108.248	157811.811
End:	0+20.497	104087.847	157809.831

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	20.497	Course:	S 05° 32' 35.7728" W

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	0+20.497	104087.847	157809.831
MID:		104116.826	157511.234
PT:	0+62.785	104046.183	157802.798

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	08° 04' 34.9701"	Type:	RIGHT
Radius:	300.000		
Length:	42.288	Tangent:	21.179
Mid-Ord:	0.745	External:	0.747
Chord:	42.253	Course:	S 09° 34' 53.2579" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0+62.785	104046.183	157802.798
End:	1+50.454	103960.980	157782.155

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	87.668	Course:	S 13° 37' 10.7429" W

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+50.454	103960.980	157782.155
MID:		103984.528	157684.966
PT:	1+79.148	103934.437	157771.516

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	16° 26' 25.7767"	Type:	RIGHT
Radius:	100.000		
Length:	28.694	Tangent:	14.446
Mid-Ord:	1.027	External:	1.038
Chord:	28.596	Course:	S 21° 50' 23.6313" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	1+79.148	103934.437	157771.516
End:	2+25.012	103895.471	157747.325

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	45.864	Course:	S 31° 50' 00.6184" W

Curve Point No.[1] Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	2+25.012	103895.471	157747.325
MID:		103842.726	157832.284
PT:	2+53.213	103869.744	157736.003

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	16° 09' 29.5351"	Type:	LEFT
Radius:	100.000		
Length:	28.201	Tangent:	14.195
Mid-Ord:	0.993	External:	1.002
Chord:	28.108	Course:	S 23° 45' 15.8508" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	2+53.213	103869.744	157736.003
End:	2+86.753	103837.452	157726.941

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	33.540	Course:	S 15° 40' 31.0833" W

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	2+86.753	103837.452	157726.941
MID:		103848.259	157688.428
PT:	3+13.644	103815.820	157711.831

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	38° 31' 05.1922"	Type:	RIGHT
Radius:	40.000		
Length:	26.891	Tangent:	13.976
Mid-Ord:	2.239	External:	2.371
Chord:	26.387	Course:	S 34° 56' 03.6794" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	3+13.644	103815.820	157711.831
End:	3+64.566	103786.028	157670.533

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	50.922	Course:	S 54° 11' 36.2754" W

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	3+64.566	103786.028	157670.533
MID:		103761.698	157688.085
PT:	4+12.403	103743.572	157664.179

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	91° 21' 48.1695"	Type:	LEFT
Radius:	30.000		
Length:	47.838	Tangent:	30.722
Mid-Ord:	9.041	External:	12.940
Chord:	42.928	Course:	S 08° 30' 42.1907" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	4+12.403	103743.572	157664.179
End:	4+91.990	103680.154	157712.264

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	79.586	Course:	S 37° 10' 11.8940" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	4+91.990	103680.154	157712.264
MID:		103631.820	157648.516
PT:	5+88.708	103589.309	157716.286

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	69° 16' 09.5628"	Type:	RIGHT
Radius:	80.000		
Length:	96.718	Tangent:	55.260
Mid-Ord:	14.177	External:	17.230
Chord:	90.935	Course:	S 02° 32' 07.1126" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	5+88.708	103589.309	157716.286
End:	6+15.177	103566.886	157702.221

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	26.469	Course:	S 32° 05' 57.6688" W

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	6+15.177	103566.886	157702.221
MID:		103524.375	157769.991
PT:	6+66.477	103517.901	157690.254

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	36° 44' 29.3474"	Type:	LEFT
Radius:	80.000		
Length:	51.301	Tangent:	26.567

Mid-Ord:	4.077	External:	4.296
Chord:	50.426	Course:	S 13° 43' 42.9950" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	6+66.477	103517.901	157690.254
End:	7+32.819	103451.777	157695.623

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	66.342	Course:	S 04° 38' 31.6787" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	7+32.819	103451.777	157695.623
MID:		103458.251	157775.360
PT:	7+67.984	103418.461	157705.958

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	25° 11' 05.2507"	Type:	LEFT
Radius:	80.000		
Length:	35.165	Tangent:	17.871
Mid-Ord:	1.924	External:	1.972
Chord:	34.882	Course:	S 17° 14' 04.3040" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	7+67.984	103418.461	157705.958
End:	8+25.526	103367.961	157733.542

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	57.542	Course:	S 28° 38' 38.1865" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	8+25.526	103367.961	157733.542
MID:		103377.548	157751.094
PT:	8+45.972	103357.572	157750.123

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	58° 34' 28.3290"	Type:	LEFT
Radius:	20.000		
Length:	20.446	Tangent:	11.218
Mid-Ord:	2.556	External:	2.931
Chord:	19.568	Course:	S 57° 55' 52.3509" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	8+45.972	103357.572	157750.123
End:	8+66.975	103356.552	157771.102

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	21.003	Course:	S 87° 13' 06.5154" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	8+66.975	103356.552	157771.102
MID:		103256.670	157766.249
PT:	8+97.190	103350.584	157800.604

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	17° 18' 41.7964"	Type:	RIGHT
Radius:	100.000		
Length:	30.214	Tangent:	15.223
Mid-Ord:	1.139	External:	1.152
Chord:	30.100	Course:	S 78° 33' 45.6172" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	8+97.190	103350.584	157800.604
End:	9+35.907	103337.283	157836.964

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	38.717	Course:	S 69° 54' 24.7190" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	9+35.907	103337.283	157836.964
MID:		103619.023	157940.028
PT:	9+69.446	103327.543	157869.040

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	06° 24' 20.1107"	Type:	LEFT
Radius:	300.000		
Length:	33.540	Tangent:	16.787
Mid-Ord:	0.469	External:	0.469
Chord:	33.522	Course:	S 73° 06' 34.7744" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	9+69.446	103327.543	157869.040
End:	10+01.993	103319.842	157900.663

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	32.547	Course:	S 76° 18' 44.8297" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	10+01.993	103319.842	157900.663
MID:		103223.517	157873.800
PT:	10+23.190	103312.034	157920.326

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	12° 08' 41.1779"	Type:	RIGHT
Radius:	100.000		
Length:	21.197	Tangent:	10.638
Mid-Ord:	0.561	External:	0.564
Chord:	21.157	Course:	S 68° 20' 41.1847" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	10+23.190	103312.034	157920.326
End:	10+37.621	103305.320	157933.101

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	14.431	Course:	S 62° 16' 20.5958" E

Curve No.[1] Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	10+37.621	103305.320	157933.101
MID:		103323.023	157942.406
PT:	10+66.887	103311.872	157959.009

Circular Curve No.[1] Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	83° 50' 23.5704"	Type:	LEFT
Radius:	20.000		
Length:	29.266	Tangent:	17.958
Mid-Ord:	5.118	External:	6.879
Chord:	26.724	Course:	N 75° 48' 27.6190" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	10+66.887	103311.872	157959.009
End:	11+09.762	103347.464	157982.914

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	42.875	Course:	N 33° 53' 15.8338" E

Used Design Speed on curves

By a formula

V= $\sqrt{127 * R * (e + f)}$

E= 2 % since the road is urban road

F= 0.18 from (AASHTO, 2004)

Speed (km/h)	Comfortable Side-Friction Factor
40	0.21
50	0.18
55-80	0.15
> 110	< 0.10

For instants the curve No.1

V= $\sqrt{127 * 300 * (0.02 + 0.18)}$ = 87.3

So the curves speed be as follows :

#	R (m)	f	e	V,min (km/h)	V,Selected (km/h)
1	300	0.18	0.02	87.29261137	50
2	100	0.18	0.02	50.39841267	50
3	100	0.18	0.02	50.39841267	50
4	40	0.18	0.02	31.8747549	30
5	30	0.18	0.02	27.60434748	30
6	80	0.18	0.02	45.07771068	50
7	80	0.18	0.02	45.07771068	50
8	80	0.18	0.02	45.07771068	50
9	20	0.18	0.02	22.53885534	30
10	100	0.18	0.02	50.39841267	50
11	300	0.18	0.02	87.29261137	50
12	100	0.18	0.02	50.39841267	50
13	20	0.18	0.02	22.53885534	30

مُلحق رَقم [3]

كميات الحفر والردم وطبقات الرصف وحجارة الشك

- ✓ **الطريقة المتبعة في حساب الكميات**
- ✓ **جداول كميات الحفر والردم**
- ✓ **جداول كميات الإسفلت وطبقة الأساس وحجارة الشك.**

7-١ الطريقة المتبعة في حساب الكميات .

هناك عدة طرق حسابية يتم استخدامها لحساب كميات الحفر والردم كطريقة الإحداثيات في حساب المساحة لكل مقطع

وطريقة تقسيم الشكل الى أشكال هندسية منتظمة ، فحساب كميات الحفر والردم من أهم مستلزمات تنفيذ المشروع والكلفة التقديرية لمشروع الطرق .

ولحساب كميات الحفر والردم في أي مقطع عرضي نقوم بحساب معدل المساحة لبداية المقطع ونهايته مضروبا في طول المقطع ، بحيث تم اخذ طول المقطع في هذا المشروع ١٠ أمتار مضروبا في معامل انتفاش التربة 1.1 لكل من الحفر والردم وفيما يلي جداول الحفر والردم لكل مقطع طولي وعرضي بالتفصيل.

كميات الحفر والردم لكل مقطع على الطريق

Station	Cut Area (m^2)	Cut Volume (m^3)	Reusable Volume (m^3)	Fill Area (m^2)	Fill Volume (m^3)	Cum. Cut Vol. (m^3)	Cum. Reusable Vol. (m^3)	Cum. Fill Vol. (m^3)	Cum. Net Vol. (m^3)
0+020.000	5.33	29.33	29.33	0.04	0.23	29.33	29.33	0.23	29.10
0+030.000	5.95	61.97	61.97	0.00	0.24	91.30	91.30	0.47	90.83
0+040.000	5.66	63.79	63.79	0.04	0.25	155.09	155.09	0.72	154.38
0+050.000	8.94	80.73	80.73	0.00	0.25	235.82	235.82	0.97	234.86
0+060.000	8.63	97.53	97.53	0.00	0.00	333.36	333.36	0.97	332.39
0+070.000	8.37	93.49	93.49	0.00	0.00	426.85	426.85	0.97	425.88
0+080.000	8.56	93.10	93.10	0.00	0.00	519.95	519.95	0.97	518.98
0+090.000	8.81	95.54	95.54	0.00	0.00	615.48	615.48	0.97	614.51
0+100.000	5.91	80.99	80.99	0.00	0.00	696.47	696.47	0.97	695.51
0+110.000	5.07	60.40	60.40	0.05	0.25	756.87	756.87	1.22	755.65
0+120.000	5.80	59.74	59.74	0.03	0.41	816.61	816.61	1.63	814.99
0+130.000	6.10	65.44	65.44	0.00	0.15	882.05	882.05	1.78	880.27
0+140.000	5.39	63.23	63.23	0.12	0.65	945.29	945.29	2.42	942.86
0+150.000	7.22	69.36	69.36	0.00	0.65	1014.64	1014.64	3.07	1011.57
0+160.000	6.90	78.30	78.30	0.00	0.00	1092.94	1092.94	3.07	1089.86
0+170.000	6.91	76.75	76.75	0.00	0.00	1169.68	1169.68	3.07	1166.61
0+180.000	3.81	59.49	59.49	0.00	0.00	1229.17	1229.17	3.07	1226.10
0+190.000	3.92	42.47	42.47	0.00	0.00	1271.65	1271.65	3.07	1268.57
0+200.000	3.62	41.45	41.45	0.00	0.00	1313.10	1313.10	3.07	1310.02
0+210.000	4.25	43.27	43.27	0.23	1.26	1356.37	1356.37	4.33	1352.04
0+220.000	4.19	46.43	46.43	0.00	1.26	1402.80	1402.80	5.59	1397.22
0+230.000	6.86	60.81	60.81	0.00	0.00	1463.61	1463.61	5.59	1458.03
0+240.000	6.91	75.73	75.73	0.00	0.00	1539.34	1539.34	5.59	1533.76
0+250.000	4.79	63.98	63.98	0.76	4.39	1603.33	1603.33	9.98	1593.35
0+260.000	3.80	47.04	47.04	0.70	8.17	1650.37	1650.37	18.15	1632.22
0+270.000	4.85	47.56	47.56	0.00	3.87	1697.93	1697.93	22.01	1675.92
0+280.000	5.27	55.64	55.64	0.04	0.25	1753.57	1753.57	22.26	1731.31
0+290.000	5.43	58.90	58.90	0.00	0.23	1812.47	1812.47	22.49	1789.98
0+300.000	6.11	63.14	63.14	0.00	0.00	1875.60	1875.60	22.49	1853.12
0+310.000	5.60	63.81	63.81	0.00	0.00	1939.41	1939.41	22.49	1916.93
0+320.000	5.80	62.41	62.41	0.04	0.21	2001.82	2001.82	22.70	1979.12
0+330.000	6.43	67.24	67.24	0.00	0.20	2069.06	2069.06	22.90	2046.15
0+340.000	6.61	71.71	71.71	0.00	0.00	2140.77	2140.77	22.90	2117.87

0+350.000	7.69	78.67	78.67	0.00	0.00	2219.44	2219.44	22.90	2196.54
0+360.000	5.79	74.18	74.18	0.00	0.00	2293.62	2293.62	22.90	2270.72
0+370.000	5.35	61.38	61.38	0.00	0.00	2355.00	2355.00	22.90	2332.10
0+380.000	5.47	59.41	59.41	0.00	0.00	2414.41	2414.41	22.90	2391.51
0+390.000	6.38	65.16	65.16	0.00	0.00	2479.57	2479.57	22.90	2456.67
0+400.000	6.32	69.49	69.49	0.00	0.00	2549.06	2549.06	22.90	2526.16
0+410.000	7.25	73.76	73.76	0.00	0.00	2622.82	2622.82	22.90	2599.92
0+420.000	7.83	82.45	82.45	0.00	0.00	2705.27	2705.27	22.90	2682.37
0+430.000	7.57	84.72	84.72	0.00	0.00	2789.99	2789.99	22.90	2767.08
0+440.000	7.44	82.58	82.58	0.00	0.00	2872.56	2872.56	22.90	2849.66
0+450.000	6.73	77.94	77.94	0.00	0.00	2950.50	2950.50	22.90	2927.60
0+460.000	6.27	71.48	71.48	0.00	0.00	3021.98	3021.98	22.90	2999.08
0+470.000	5.65	65.53	65.53	0.04	0.20	3087.52	3087.52	23.10	3064.41
0+480.000	5.83	63.10	63.10	0.13	0.90	3150.62	3150.62	24.01	3126.61
0+490.000	6.16	65.92	65.92	0.15	1.51	3216.54	3216.54	25.52	3191.02
0+500.000	5.75	66.80	66.80	0.21	1.88	3283.34	3283.34	27.40	3255.94
0+510.000	6.38	68.39	68.39	0.27	2.46	3351.73	3351.73	29.86	3321.87
0+520.000	5.90	69.33	69.33	0.46	3.77	3421.06	3421.06	33.62	3387.44
0+530.000	3.68	53.62	53.62	0.28	3.83	3474.68	3474.68	37.45	3437.23
0+540.000	4.33	44.09	44.09	0.17	2.31	3518.77	3518.77	39.76	3479.01
0+550.000	7.55	66.48	66.48	0.24	2.11	3585.26	3585.26	41.87	3543.39
0+560.000	6.43	78.93	78.93	0.35	3.03	3664.19	3664.19	44.90	3619.29
0+570.000	6.14	70.79	70.79	0.18	2.73	3734.98	3734.98	47.63	3687.35
0+580.000	6.52	71.25	71.25	0.23	2.12	3806.23	3806.23	49.75	3756.48
0+590.000	3.13	53.61	53.61	0.39	3.34	3859.83	3859.83	53.08	3806.75
0+600.000	2.89	33.09	33.09	2.29	14.75	3892.92	3892.92	67.83	3825.09
0+610.000	2.99	32.36	32.36	0.41	14.86	3925.29	3925.29	82.70	3842.59
0+620.000	4.98	43.82	43.82	0.18	3.26	3969.10	3969.10	85.96	3883.14
0+630.000	6.52	61.97	61.97	0.20	2.21	4031.07	4031.07	88.17	3942.90
0+640.000	5.90	67.09	67.09	0.41	3.59	4098.16	4098.16	91.76	4006.40
0+650.000	8.18	78.52	78.52	0.00	2.41	4176.68	4176.68	94.16	4082.52
0+660.000	10.66	107.46	107.46	0.00	0.00	4284.14	4284.14	94.16	4189.97
0+670.000	8.81	109.35	109.35	0.00	0.00	4393.48	4393.48	94.16	4299.32
0+680.000	8.54	95.44	95.44	0.00	0.00	4488.92	4488.92	94.16	4394.76
0+690.000	6.09	80.49	80.49	0.00	0.00	4569.41	4569.41	94.16	4475.25
0+700.000	6.38	68.59	68.59	0.00	0.00	4638.00	4638.00	94.16	4543.84
0+710.000	6.19	69.16	69.16	0.00	0.00	4707.16	4707.16	94.16	4613.00
0+720.000	4.23	57.33	57.33	0.00	0.00	4764.49	4764.49	94.17	4670.32

0+730.000	5.25	52.14	52.14	0.05	0.27	4816.62	4816.62	94.44	4722.19
0+740.000	5.61	58.97	58.97	0.12	0.97	4875.59	4875.59	95.40	4780.19
0+750.000	4.94	56.97	56.97	0.13	1.46	4932.56	4932.56	96.86	4835.70
0+760.000	5.06	54.15	54.15	0.14	1.57	4986.71	4986.71	98.43	4888.28
0+770.000	4.13	50.18	50.18	0.27	2.34	5036.89	5036.89	100.77	4936.12
0+780.000	4.44	47.17	47.17	0.22	2.70	5084.06	5084.06	103.47	4980.59
0+790.000	4.67	50.12	50.12	0.04	1.45	5134.18	5134.18	104.92	5029.25
0+800.000	4.71	51.60	51.60	0.26	1.65	5185.77	5185.77	106.58	5079.19
0+810.000	4.91	52.95	52.95	0.42	3.74	5238.72	5238.72	110.32	5128.40
0+820.000	5.49	57.22	57.22	0.00	2.32	5295.93	5295.93	112.64	5183.29
0+830.000	5.50	60.85	60.85	0.04	0.19	5356.78	5356.78	112.83	5243.95
0+840.000	3.80	51.43	51.43	0.00	0.16	5408.21	5408.21	112.99	5295.22
0+850.000	4.96	47.20	47.20	0.00	0.00	5455.41	5455.41	112.99	5342.41
0+860.000	8.28	72.82	72.82	0.00	0.00	5528.23	5528.23	112.99	5415.23
0+870.000	8.27	90.40	90.40	0.00	0.00	5618.63	5618.63	112.99	5505.64
0+880.000	7.70	85.92	85.92	0.00	0.00	5704.56	5704.56	112.99	5591.56
0+890.000	10.11	95.85	95.85	0.00	0.00	5800.41	5800.41	112.99	5687.41
0+900.000	9.86	107.97	107.97	0.00	0.00	5908.38	5908.38	112.99	5795.39
0+910.000	11.37	116.76	116.76	0.00	0.00	6025.14	6025.14	112.99	5912.14
0+920.000	10.40	119.75	119.75	0.12	0.67	6144.88	6144.88	113.66	6031.22
0+930.000	7.19	96.73	96.73	0.07	1.06	6241.62	6241.62	114.72	6126.90
0+940.000	5.18	68.03	68.03	0.05	0.66	6309.65	6309.65	115.38	6194.27
0+950.000	4.19	51.59	51.59	0.16	1.16	6361.24	6361.24	116.54	6244.70
0+960.000	3.95	44.77	44.77	0.31	2.58	6406.01	6406.01	119.12	6286.89
0+970.000	4.04	43.98	43.98	0.32	3.45	6449.99	6449.99	122.56	6327.42
0+980.000	5.42	52.03	52.03	0.00	1.77	6502.02	6502.02	124.34	6377.69
0+990.000	5.68	61.07	61.07	0.00	0.00	6563.09	6563.09	124.34	6438.75
1+000.000	6.14	65.04	65.04	0.00	0.00	6628.13	6628.13	124.34	6503.79
1+010.000	6.61	70.05	70.05	0.00	0.00	6698.18	6698.18	124.34	6573.84
1+020.000	8.54	83.36	83.36	0.00	0.00	6781.53	6781.53	124.34	6657.20
1+030.000	9.43	98.75	98.75	0.00	0.00	6880.28	6880.28	124.34	6755.94
1+040.000	5.37	81.37	81.37	0.00	0.00	6961.65	6961.65	124.34	6837.32
1+050.000	5.13	56.90	56.90	0.06	0.22	7018.56	7018.56	124.56	6894.00
1+060.000	5.51	58.70	58.70	0.01	0.28	7077.25	7077.25	124.83	6952.42
1+070.000	3.85	51.19	51.19	0.06	0.32	7128.45	7128.45	125.15	7003.30
1+080.000	4.20	44.29	44.29	0.04	0.54	7172.73	7172.73	125.69	7047.05
1+090.000	3.36	41.57	41.57	0.00	0.23	7214.31	7214.31	125.92	7088.38
1+100.000	3.26	36.40	36.40	0.00	0.00	7250.71	7250.71	125.92	7124.79

وهنا نجد أن كميات الحفر في مقاطع الطريق = 7250.71م^3

وكميات الردم = 125.92م^3

نلاحظ أن كميات الحفر أكثر بكثير من كميات الردم وذلك يعود إلى أن عملية إعادة تأهيل الطريق تشمل خلع طبقة البيتومينالموجودة حاليا بالإضافة إلى أعمال حفر لتنفيذ المنحنيات الرأسية بما يتناسب مع مداخل المنازل وتصريف مياه الأمطار والأمان المروري .

جداول كميات الإسفلت

Material Table			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	1.09	5.45	5.45
0+030.00	1.09	10.90	16.35
0+040.00	1.09	10.90	27.25
0+050.00	1.41	12.56	39.81
0+060.00	1.41	14.23	54.04
0+070.00	1.41	14.15	68.19
0+080.00	1.41	14.15	82.34
0+090.00	1.41	14.15	96.49
0+100.00	1.14	12.78	109.26
0+110.00	1.09	11.15	120.41
0+120.00	1.09	10.90	131.31
0+130.00	1.09	10.90	142.21
0+140.00	1.09	10.90	153.11
0+150.00	1.12	11.03	164.14
0+160.00	1.12	11.16	175.30
0+170.00	1.12	11.16	186.47
0+180.00	0.73	9.23	195.70
0+190.00	0.73	7.30	203.00
0+200.00	0.73	7.30	210.30
0+210.00	0.91	8.20	218.50
0+220.00	0.91	9.10	227.60
0+230.00	1.12	10.14	237.74
0+240.00	1.12	11.14	248.88
0+250.00	1.12	11.14	260.02
0+260.00	1.09	11.02	271.04
0+270.00	1.09	10.90	281.94
0+280.00	1.09	10.90	292.84
0+290.00	1.09	10.90	303.74
0+300.00	1.09	10.90	314.64
0+310.00	1.12	11.01	325.65
0+320.00	1.12	11.14	336.79
0+330.00	1.12	11.15	347.94
0+340.00	1.12	11.15	359.09
0+350.00	1.14	11.28	370.37
0+360.00	1.14	11.40	381.77
0+370.00	1.14	11.40	393.18
0+380.00	1.14	11.40	404.58
0+390.00	1.14	11.40	415.98
0+400.00	1.14	11.40	427.38
0+410.00	1.14	11.40	438.78
0+420.00	1.14	11.40	450.19

0+430.00	1.14	11.40	461.59
0+440.00	1.14	11.40	472.99
0+450.00	1.14	11.40	484.39
0+460.00	1.12	11.28	495.67
0+470.00	1.14	11.25	506.92
0+480.00	1.14	11.35	518.27
0+490.00	1.14	11.35	529.62
0+500.00	1.14	11.35	540.97
0+510.00	1.14	11.35	552.32
0+520.00	1.14	11.35	563.67
0+530.00	0.93	10.26	573.93
0+540.00	0.91	9.09	583.02
0+550.00	1.12	10.08	593.10
0+560.00	1.12	11.17	604.27
0+570.00	1.12	11.17	615.44
0+580.00	1.12	11.17	626.60
0+590.00	1.12	11.16	637.77
0+600.00	1.12	11.15	648.92
0+610.00	1.12	11.15	660.07
0+620.00	1.12	11.14	671.21

0+830.00	1.12	11.18	915.79
0+840.00	1.12	11.21	927.00
0+850.00	1.12	11.19	938.19
0+860.00	1.49	13.05	951.24
0+870.00	1.49	14.89	966.13
0+880.00	1.49	14.76	980.89
0+890.00	1.49	14.76	995.66
0+900.00	1.49	14.82	1010.47
0+910.00	1.14	13.18	1023.65
0+920.00	1.12	11.28	1034.93
0+930.00	1.09	11.03	1045.95
0+940.00	1.09	10.90	1056.85
0+950.00	1.09	10.90	1067.75
0+960.00	1.09	10.90	1078.65
0+970.00	1.09	10.90	1089.55
0+980.00	1.09	10.90	1100.45
0+990.00	1.09	10.90	1111.35
1+000.00	1.09	10.90	1122.25
1+010.00	1.09	10.90	1133.15
1+020.00	1.09	10.90	1144.05

0+630.00	1.12	11.14	682.35
0+640.00	1.12	11.14	693.48
0+650.00	1.39	12.63	706.11
0+660.00	1.39	14.12	720.23
0+670.00	1.39	14.04	734.27
0+680.00	1.39	13.90	748.17
0+690.00	1.12	12.53	760.70
0+700.00	1.12	11.15	771.85
0+710.00	1.12	11.15	783.00
0+720.00	1.12	11.15	794.15
0+730.00	1.12	11.15	805.31
0+740.00	1.12	11.14	816.45
0+750.00	1.12	11.14	827.58
0+760.00	1.12	11.14	838.72
0+770.00	1.12	11.14	849.86
0+780.00	1.09	11.03	860.88
0+790.00	1.09	10.90	871.78
0+800.00	1.09	10.90	882.68
0+810.00	1.09	10.90	893.58
0+820.00	1.12	11.03	904.61

1+030.00	1.29	11.90	1155.95
1+040.00	1.21	12.47	1168.42
1+050.00	1.21	11.85	1180.27
1+060.00	1.21	11.85	1192.12
1+070.00	0.86	10.17	1202.29
1+080.00	0.86	8.60	1210.89
1+090.00	0.60	7.30	1218.19
1+100.00	0.60	6.00	1224.19

جداول كميات حجارة الثك

Material Table			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	0.12	0.60	0.60
0+030.00	0.12	1.20	1.80
0+040.00	0.12	1.20	3.00
0+050.00	0.06	0.90	3.90
0+060.00	0.06	0.59	4.49
0+070.00	0.06	0.60	5.09
0+080.00	0.06	0.60	5.69
0+090.00	0.06	0.60	6.29
0+100.00	0.00	0.30	6.59
0+110.00	0.12	0.60	7.19
0+120.00	0.12	1.20	8.39
0+130.00	0.12	1.20	9.59
0+140.00	0.12	1.20	10.79
0+150.00	0.06	0.90	11.69
0+160.00	0.06	0.57	12.26
0+170.00	0.06	0.57	12.83
0+180.00	0.00	0.28	13.11
0+190.00	0.00	0.00	13.11
0+200.00	0.00	0.00	13.11
0+210.00	0.06	0.30	13.41
0+220.00	0.06	0.60	14.01
0+230.00	0.06	0.61	14.63
0+240.00	0.06	0.63	15.26
0+250.00	0.06	0.63	15.88
0+260.00	0.12	0.90	16.79
0+270.00	0.12	1.20	17.99
0+280.00	0.12	1.20	19.19
0+290.00	0.12	1.20	20.39
0+300.00	0.12	1.20	21.59
0+310.00	0.06	0.94	22.52
0+320.00	0.06	0.63	23.15
0+330.00	0.06	0.60	23.75
0+340.00	0.06	0.60	24.35
0+350.00	0.00	0.30	24.65
0+360.00	0.00	0.00	24.65
0+370.00	0.00	0.00	24.65
0+380.00	0.00	0.00	24.65
0+390.00	0.00	0.00	24.65
0+400.00	0.00	0.00	24.65
0+410.00	0.00	0.00	24.65
0+420.00	0.00	0.00	24.65

0+430.00	0.00	0.00	24.65
0+440.00	0.00	0.00	24.65
0+450.00	0.00	0.00	24.65
0+460.00	0.06	0.30	24.95
0+470.00	0.06	0.60	25.55
0+480.00	0.06	0.60	26.15
0+490.00	0.06	0.60	26.75
0+500.00	0.06	0.58	27.33
0+510.00	0.06	0.57	27.90
0+520.00	0.06	0.57	28.47
0+530.00	0.06	0.57	29.04
0+540.00	0.06	0.57	29.61
0+550.00	0.06	0.56	30.18
0+560.00	0.06	0.56	30.74
0+570.00	0.06	0.56	31.30
0+580.00	0.06	0.56	31.87
0+590.00	0.06	0.57	32.44
0+600.00	0.06	0.60	33.04
0+610.00	0.06	0.60	33.64
0+620.00	0.06	0.62	34.25

0+630.00	0.06	0.64	34.89
0+640.00	0.06	0.64	35.53
0+650.00	0.00	0.32	35.84
0+660.00	0.00	0.00	35.84
0+670.00	0.00	0.00	35.84
0+680.00	0.00	0.00	35.84
0+690.00	0.06	0.30	36.14
0+700.00	0.06	0.60	36.74
0+710.00	0.06	0.60	37.34
0+720.00	0.06	0.60	37.94
0+730.00	0.06	0.60	38.54
0+740.00	0.06	0.63	39.17
0+750.00	0.06	0.64	39.81
0+760.00	0.06	0.64	40.44
0+770.00	0.06	0.62	41.06
0+780.00	0.12	0.90	41.96
0+790.00	0.12	1.20	43.16
0+800.00	0.12	1.20	44.36
0+810.00	0.12	1.20	45.56
0+820.00	0.06	0.90	46.46

0+830.00	0.06	0.54	47.00
0+840.00	0.06	0.46	47.46
0+850.00	0.06	0.51	47.97
0+860.00	0.08	0.70	48.67
0+870.00	0.08	0.81	49.48
0+880.00	0.08	0.84	50.32
0+890.00	0.08	0.84	51.16
0+900.00	0.08	0.83	51.99
0+910.00	0.00	0.40	52.39
0+920.00	0.06	0.30	52.69
0+930.00	0.12	0.90	53.59
0+940.00	0.12	1.20	54.79
0+950.00	0.12	1.20	55.99
0+960.00	0.12	1.20	57.19
0+970.00	0.12	1.20	58.39
0+980.00	0.12	1.20	59.59
0+990.00	0.12	1.20	60.79
1+000.00	0.12	1.20	61.99
1+010.00	0.12	1.20	63.19
1+020.00	0.12	1.20	64.39

1+030.00	0.12	1.20	65.59
1+040.00	0.06	0.88	66.47
1+050.00	0.06	0.43	66.90
1+060.00	0.06	0.43	67.32
1+070.00	0.06	0.49	67.81
1+080.00	0.06	0.60	68.41
1+090.00	0.06	0.60	69.01
1+100.00	0.06	0.60	69.61

جداول كميات طبقة الأساس(Base course)

Material Table			
Station	Area	Volume	Cumulative Volume
0+010.00	0.00	0.00	0.00
0+020.00	3.69	18.47	18.47
0+030.00	3.69	36.94	55.41
0+040.00	3.69	36.94	92.35
0+050.00	5.24	44.86	137.21
0+060.00	5.24	52.79	190.00
0+070.00	5.24	52.43	242.43
0+080.00	5.24	52.43	294.86
0+090.00	5.24	52.43	347.29
0+100.00	4.52	48.81	396.10
0+110.00	3.69	41.06	437.17
0+120.00	3.69	36.94	474.11
0+130.00	3.69	36.94	511.05
0+140.00	3.69	36.94	547.99
0+150.00	4.11	39.00	586.99
0+160.00	4.11	41.27	628.26
0+170.00	4.11	41.28	669.55
0+180.00	2.77	34.54	704.08
0+190.00	2.77	27.74	731.82
0+200.00	2.77	27.74	759.56
0+210.00	3.23	30.04	789.60
0+220.00	3.23	32.34	821.94
0+230.00	4.11	36.70	858.64
0+240.00	4.11	40.85	899.49
0+250.00	4.11	40.85	940.33
0+260.00	3.69	38.97	979.30
0+270.00	3.69	36.94	1016.24
0+280.00	3.69	36.94	1053.18
0+290.00	3.69	36.94	1090.12
0+300.00	3.69	36.94	1127.06
0+310.00	4.11	38.73	1165.79
0+320.00	4.11	40.86	1206.65
0+330.00	4.11	41.06	1247.72
0+340.00	4.11	41.06	1288.78
0+350.00	4.52	43.13	1331.91
0+360.00	4.52	45.19	1377.10
0+370.00	4.52	45.19	1422.28
0+380.00	4.52	45.19	1467.47
0+390.00	4.52	45.19	1512.66
0+400.00	4.52	45.19	1557.85
0+410.00	4.52	45.19	1603.04
0+420.00	4.52	45.19	1648.23

0+430.00	4.52	45.19	1693.42
0+440.00	4.52	45.19	1738.61
0+450.00	4.52	45.19	1783.80
0+460.00	4.11	43.13	1826.92
0+470.00	3.85	39.76	1866.69
0+480.00	3.85	38.46	1905.15
0+490.00	3.85	38.46	1943.62
0+500.00	3.85	38.79	1982.40
0+510.00	3.85	38.87	2021.27
0+520.00	3.85	38.87	2060.14
0+530.00	2.97	34.24	2094.38
0+540.00	3.23	30.85	2125.23
0+550.00	4.11	36.71	2161.95
0+560.00	4.11	41.34	2203.29
0+570.00	4.11	41.34	2244.63
0+580.00	4.11	41.34	2285.96
0+590.00	4.11	41.30	2327.27
0+600.00	4.11	41.06	2368.33
0+610.00	4.11	41.06	2409.40
0+620.00	4.11	40.93	2450.33

0+630.00	4.11	40.79	2491.12
0+640.00	4.11	40.79	2531.91
0+650.00	5.47	48.17	2580.08
0+660.00	5.47	55.54	2635.62
0+670.00	5.47	55.24	2690.86
0+680.00	5.47	54.69	2745.55
0+690.00	4.11	47.88	2793.43
0+700.00	4.11	41.06	2834.49
0+710.00	4.11	41.06	2875.56
0+720.00	4.11	41.06	2916.62
0+730.00	4.11	41.06	2957.69
0+740.00	4.11	40.87	2998.55
0+750.00	4.11	40.79	3039.34
0+760.00	4.11	40.79	3080.14
0+770.00	4.11	40.89	3121.03
0+780.00	3.69	39.00	3160.03
0+790.00	3.69	36.94	3196.97
0+800.00	3.69	36.94	3233.91
0+810.00	3.69	36.94	3270.85
0+820.00	4.11	39.00	3309.85

0+830.00	4.11	41.55	3351.41
0+840.00	4.11	42.16	3393.57
0+850.00	4.11	41.72	3435.28
0+860.00	5.32	47.15	3482.43
0+870.00	5.32	52.92	3535.35
0+880.00	5.32	52.21	3587.56
0+890.00	5.32	52.21	3639.77
0+900.00	5.32	52.50	3692.27
0+910.00	4.52	49.21	3741.48
0+920.00	4.11	43.13	3784.60
0+930.00	3.69	39.00	3823.60
0+940.00	3.69	36.94	3860.54
0+950.00	3.69	36.94	3897.48
0+960.00	3.69	36.94	3934.42
0+970.00	3.69	36.94	3971.36
0+980.00	3.69	36.94	4008.30
0+990.00	3.69	36.94	4045.24
1+000.00	3.69	36.94	4082.18
1+010.00	3.69	36.94	4119.12
1+020.00	3.69	36.94	4156.06

1+030.00	4.45	40.74	4196.80
1+040.00	4.37	44.11	4240.92
1+050.00	4.37	43.49	4284.40
1+060.00	4.37	43.49	4327.89
1+070.00	3.18	37.41	4365.30
1+080.00	3.18	31.84	4397.14
1+090.00	2.20	26.90	4424.04
1+100.00	2.20	21.96	4446.00

جدول كميات طبقة الأساس (Base Course)والإسفلت للدخلات على جوانب المشروع

Region	Area (m2)	Pavement (m3)	Base (m3)
T Intersection At The Project Start	**1430.24**	**143.02**	**543.49**
Sala At Station 0+060 LHS	**210**	**21.00**	**79.80**
Access Road At Station 0+100 RHS	**124.63**	**12.46**	**47.36**
Access Road At Station 0+140 RHS	**49.19**	**4.92**	**18.69**
Access Road At Station 0+170 LHS	**70.32**	**7.03**	**26.72**
Access Road At Station 0+200 RHS	**294.04**	**29.40**	**111.74**
Access Road At Station 0+250 LHS	**63.21**	**6.32**	**24.02**
Access Road At Station 0+310 RHS	**65.71**	**6.57**	**24.97**
Access Road At Station 0+350 LHS	**62.31**	**6.23**	**23.68**
Access Road At Station 0+450 LHS	**59.21**	**5.92**	**22.50**
Access Road At Station 0+510 LHS	**61.22**	**6.12**	**23.26**
Access Road At Station 0+770 LHS	**75.21**	**7.52**	**28.58**
Access Road At Station 0+830 RHS	**189.21**	**18.92**	**71.90**
Access Road At Station 0+910 LHS	**63.17**	**6.32**	**24.00**
Round About And T At Station 1+410 RHS	**1410**	**141.00**	**535.80**

Pavement Thickness = 0.1 m
Base Thickness = 0.38 m

وهنا يتم حساب حجم كل من طبقة الأساس لكل دخلة عن طريق حساب مساحة الدخلة مضروبا في سمك طبقة الأساس والتي تم حسابها وتساوي ٣٨ سم فعلى سبيل المثال إن مساحة التقاطع في بداية المشروع تساوي 1430.24م^{٢} وسمك طبقة الأساس تساوي ٣٨ سم وبذلك يكون الحجم = 1430.24*0.38 = 543.5م^{٣}

وكذلك الحال بالنسبة لطبقة الإسفلت ، الحجم = 1430.24*0.1 = ١٤٣م^{٣}

مُلحق رَقم [4]

Vertical Alignment Curve Report

Almanshr Albsa Road

Vertical Alignment Curve Report

Vertical Alignment: Proposed
Description:
Station Range: Start: 0+000.00, End: 1+109.76

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+103.91	Elevation:	975.725m
PVI Station:	0+143.47	Elevation:	976.020m
PVT Station:	0+183.02	Elevation:	973.289m
High Point:	0+111.63	Elevation:	975.753m
Grade in:	0.75%	Grade out:	-6.90%
Change:	7.65%	K:	10.343m
Curve Length:	79.114m	Curve Radius	1,034.304m
Passing Distance:	241.722m	Stopping Distance:	126.441m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+201.69	Elevation:	972.000m
PVI Station:	0+215.61	Elevation:	971.040m
PVT Station:	0+229.52	Elevation:	970.757m
Low Point:	0+229.52	Elevation:	970.757m
Grade in:	-6.90%	Grade out:	-2.03%
Change:	4.87%	K:	5.712m
Curve Length:	27.825m	Curve Radius	571.223m
Headlight Distance:	85.668m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+262.16	Elevation:	970.094m
PVI Station:	0+278.66	Elevation:	969.759m

PVT Station:	0+295.15	Elevation:	968.647m
High Point:	0+262.16	Elevation:	970.094m
Grade in:	-2.03%	Grade out:	-6.74%
Change:	4.71%	K:	7.000m
Curve Length:	32.986m	Curve Radius	700.000m
Passing Distance:	344.649m	Stopping Distance:	157.523m

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+315.91	Elevation:	967.247m
PVI Station:	0+340.39	Elevation:	965.596m
PVT Station:	0+364.88	Elevation:	962.203m
High Point:	0+315.91	Elevation:	967.247m
Grade in:	-6.74%	Grade out:	-13.86%
Change:	7.11%	K:	6.885m
Curve Length:	48.970m	Curve Radius	688.451m
Passing Distance:	241.884m	Stopping Distance:	117.916m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+364.88	Elevation:	962.203m
PVI Station:	0+403.94	Elevation:	956.790m
PVT Station:	0+443.01	Elevation:	955.416m
Low Point:	0+443.01	Elevation:	955.416m
Grade in:	-13.86%	Grade out:	-3.52%
Change:	10.34%	K:	7.556m
Curve Length:	78.130m	Curve Radius	755.640m
Headlight Distance:	69.728m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+495.83	Elevation:	953.558m
PVI Station:	0+529.03	Elevation:	952.390m
PVT Station:	0+562.24	Elevation:	948.768m
High Point:	0+495.83	Elevation:	953.558m
Grade in:	-3.52%	Grade out:	-10.91%
Change:	7.39%	K:	8.984m
Curve Length:	66.405m	Curve Radius	898.381m

Passing Distance: 242.408m Stopping Distance: 123.112m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+590.34	Elevation:	945.702m
PVI Station:	0+620.06	Elevation:	942.460m
PVT Station:	0+649.79	Elevation:	939.872m
Low Point:	0+649.79	Elevation:	939.872m
Grade in:	-10.91%	Grade out:	-8.71%
Change:	2.20%	K:	26.990m
Curve Length:	59.446m	Curve Radius	2,699.004m
Headlight Distance:	580.889m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+720.62	Elevation:	933.705m
PVI Station:	0+745.07	Elevation:	931.575m
PVT Station:	0+769.53	Elevation:	927.737m
High Point:	0+720.62	Elevation:	933.705m
Grade in:	-8.71%	Grade out:	-15.69%
Change:	6.99%	K:	7.000m
Curve Length:	48.917m	Curve Radius	700.000m
Passing Distance:	245.742m	Stopping Distance:	119.559m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+805.72	Elevation:	922.057m
PVI Station:	0+838.09	Elevation:	916.977m
PVT Station:	0+870.46	Elevation:	916.254m
Low Point:	0+870.46	Elevation:	916.254m
Grade in:	-15.69%	Grade out:	-2.23%
Change:	13.46%	K:	4.809m
Curve Length:	64.739m	Curve Radius	480.923m
Headlight Distance:	53.051m		

Vertical Curve Information:(crest curve)

PVC Station:	0+921.20	Elevation:	915.121m
PVI Station:	0+944.71	Elevation:	914.596m
PVT Station:	0+968.21	Elevation:	912.492m
High Point:	0+921.20	Elevation:	915.121m

Grade in:	-2.23%	Grade out:	-8.95%
Change:	6.72%	K:	7.000m
Curve Length:	47.008m	Curve Radius	700.000m
Passing Distance:	253.773m	Stopping Distance:	122.466m

Vertical Curve Information:(sag curve)

PVC Station:	0+969.93	Elevation:	912.339m
PVI Station:	1+010.75	Elevation:	908.686m
PVT Station:	1+051.56	Elevation:	913.305m
Low Point:	1+005.98	Elevation:	910.726m
Grade in:	-8.95%	Grade out:	11.32%
Change:	20.27%	K:	4.028m
Curve Length:	81.631m	Curve Radius	402.811m
Headlight Distance:	47.783m		