بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة و التكنولوجيا

مشروع تخرج بعنوان

اعادة تصميم طريق الظاهرية _ الخليل

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

هادي شتات حمزة عمرو

إشراف :

م. مصعب شاهين .

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

2012/2011 م

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة و التكنولوجيا

مشروع تخرج بعنوان

اعادة تصميم طريق الظاهرية _ الخليل

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

للوفاء بجزء من متطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

هادي شتات

حمزة عمرو

إشراف :

م. مصعب شاهين .

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

2012/2011 م

بسم الله الرحمن الرحيم

جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة و التكنولوجيا

مشروع تخرج بعنوان

اعادة تصميم طريق الظاهرية _ الخليل

مقدم الى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

استكمال لمتطلبات النجاح في مساق مشروع التخرج للحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص المساحة والجيوماتكس

فريق العمل

هادي شتات

حمزة عمرو

توقيع مشرف المشروع .....

توقيع رئيس الدائرة .....

توقيع اللجنة الممتحنة

....

جامعة بوليتكنك فلسطين

الخليل – فلسطين

2012/2011 م

إلى اقرب من في الوجود إلى نفسي . . . . . والداي الحبيبين

إلى أغلى من في الحياة . . . . . إخوتي الأعزاء

إلى من أهدتني نهم السماء . . . . أصدقائي الأحباء

إلى المنارات التي أضاءت لي الدرب . . . . أساتذتي الأجلاء

إلى كل اللحظات السعيدة التي قضيناها داخل أسوار هذه الجامعة الغراء .

إلى أرواح الشهداء . . . . إلى فلسطين الإباء
إلى الرجال الرجال إلى الأسود الرابضة خلف القضبان
إلى كل الأسرى

إلى كل شيء جميل في هذا الوطن المعطاء

إلى كل هؤلاء . . . . . أهدي ما جنيت بعناء

الشكر والتقدير

في مثل هذه اللحظات يتوقف القلم ليفكر قبل أن يخط الحروف ليجمعها في كلمات ، تتبعثر الأحرف وعبثاً أن يجمعها في سطور . ولكن لابد لنا ونحن نخطو خطواتنا الأخيرة في الحياة الجامعية وقبل أن نبدأ مرحلة جديدة في الحياة من وقفة نعودها إلى أعوام قضيناها في رحاب الجامعة، لنتقدم بأسمى آيات الشكر والامتنان والتقدير إلى أولئك الذين حلو أقدس رسالة في الحياة، إلى من بذلوا جهوداً كبيرة في بناء جيل الغد ،إلى من مهدوا لنا طريق العلم والمعرفة ،إلى أساتذتنا الكرام، إلى مشرف المشروع المهندس مصعب شاهين لن ننسى أيضاً تقديم الشكر إلى زملائنا و أصدقائنا وكل من قدم لنا العون ومد لنا يد المساعدة ,والى كل من ساهم في إتمام هذا المشروع .

فريق العمل

ملخص المشروع

اعادة تصميم طريق الظاهرية _ الخليل

فريق العمل :

هادي شتات

حمزة عمرو

إشراف

المهندس مصعب شاهين

تتلخص فكرة هذا المشروع على توظيف الاعمال المساحية في اعادة تصميم وتأهيل الطريق الواصل بين مدينة الظاهرية ومدينة الخليل (طريق الظاهرية - الخليل). بحيث سيتم عمل تصميم للطريق يتماشى مع حاجة المواطنين من حيث عرض الطريق، المنحنيات الأفقية والرأسية فيها ، الميول الجانبية والأفقية اللازمة لتصريف مياه الامطار واستخدام الطريق بشكل امن. وسيتم التطرق الي التصميم الانشائي للطريق والفحوصات المخبرية اللازمة.

وخلال العمل سيتم توظيف الكثير مما تعلمناه خلال الدراسة للقيام بالحسابات اللازمة بما فيها حساب الاحداثيات والارتفاعات وكميات الحفر والردم وحساب المضلعات وتصحيحها. وفي النهاية سيتم حساب التكلفة وتجهيز وثائق العطاء.

Abstract

Redesign of Dahriah- Hebron road

Done by:

Hadi Shatat

Hamza Amro

Supervisor

Eg. Musab Shahin .

The main idea of this project is to redesign the Dahriah- Hebron road . The vertical and horizontal curves and super elevation shall be taken into consideration . Road safety will be consider, the structural design and lab tests will be made for the material of the construction .

During the work we will employ a lot of what we have been learned during the study to make the necessary calculations, including the calculation of coordinates, elevations, cut and fill quantities and calculate and correct traverse . In the end, cost .will be calculated & Processing of bid documents.

.

1

الفصل الاول

المقدمة

1-1 نظرة عامة.

2-1 نبذه عن مدينة الظاهرية.

3-1 أهمية المساحة في تصميم الطريق .

4-1 فكرة المشروع.

5-1 منطقه الدراسة.

6-1 أهمية وأهداف المشروع.

7-1 طريقة البحث.

8-1 الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق.

1-8-1 المرحلة الاستطلاعية

2-8-1 المسح الميداني للطريق

3-8-1 التصميم النهائي للطريق :

9-1 نطاق عمل المشروع.

10-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة.

11-1 العوائق والصعوبات.

الفصل الأول

المقدمة

1-1 نظرة عامة

يعـالج علـم الطـرق موضـوع مسـح المنطقـة المنـوي فـتح الطريـق فيهـا، ودراسـة المنطقـة طبوغرافيـا وجيولوجيـا، و إعـداد التصـاميم ودراسـة المـواد وخواصـها سـواء أكانـت هذه الطـرق تصـل بـين المـدن أو بـين الأقطـار المتجـاورة، أو تصـل بـين المـدن والقرى أو بـين القرى نفسـها، أو كانـت توصـل إلـى المنـاطق السياحية والزراعيـة وغيرهـا للوصـول إلـى التصـميم الهندسـي المناسـب للطريـق حيـث يعـرف التصـميم الهندسـي للطريـق 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 الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتى مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح.

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

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

2-1 نبذه عن مدينة الظاهرية :-

تاريخياً :

استناداً إلى العديد من المصادر التاريخية فان بلدة الظاهرية تعتبر واحدة من المدن الكنعانية القديمة التي تعود إلى حوالي 5000 سنة قبل الميلاد .لقد اكتسبت المنطقة أهميتها من موقعها الجغرافي الواقع على الطريق التجاري الواصل بين مصر وبلاد الشام.

أما بخصوص تسميتها فانه يعتقد بأنها مشتقة من الكلمة الكنعانية(ذوهر) والتي تعني المكان المرتفع، وفي رواية أخرى فان اسم الظاهرية مشتق من كلمة الظاهرة التي تعني) الجبل المرتفع (والتي تظهر للعيان من كافة الجهات ولهذه الميزة سماها الظاهر بيبرس القائد المملوكي الإسلامي بهذا الاسم.

كما وتعتبر الظاهرية البوابة الجنوبية للضفة الغربية وحلقة وصل بين الضفة الغربية وبئر السبع , مما اكسبها أهمية تجارية واقتصادية , حتى أصبحت أهم المراكز التجارية في محافظة الخليل .

جغرافياً :

تقع مدية الظاهرية على بعد 21 كم جنوب مدينة الخليل ، وتحدها بلدة السموع من الشرق وقرية رابود وأبو العسجا وكرزا والبيرة (قرى دورا) وقرية الرماضين من الشمال والغرب ، وخط التماس مع المناطق المحتلة عام 1948 من الجنوب ، وتقع بلدة الظاهرية على معدل ارتفاع 650 متر ا فوق سطح البحر ، و يبلغ المعدل السنوي لهطول الأمطار 337 ملم ، ويصل المعدل السنوي لدرجات الحرارة 19 درجة مئوية ، ومعدل الرطوبة النسبية 59% .

3-1 أهمية المساحة في تصميم الطرق:-

تستند أعمال تصميم مشاريع الطرق على قدر هائل من المعلومات 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 .

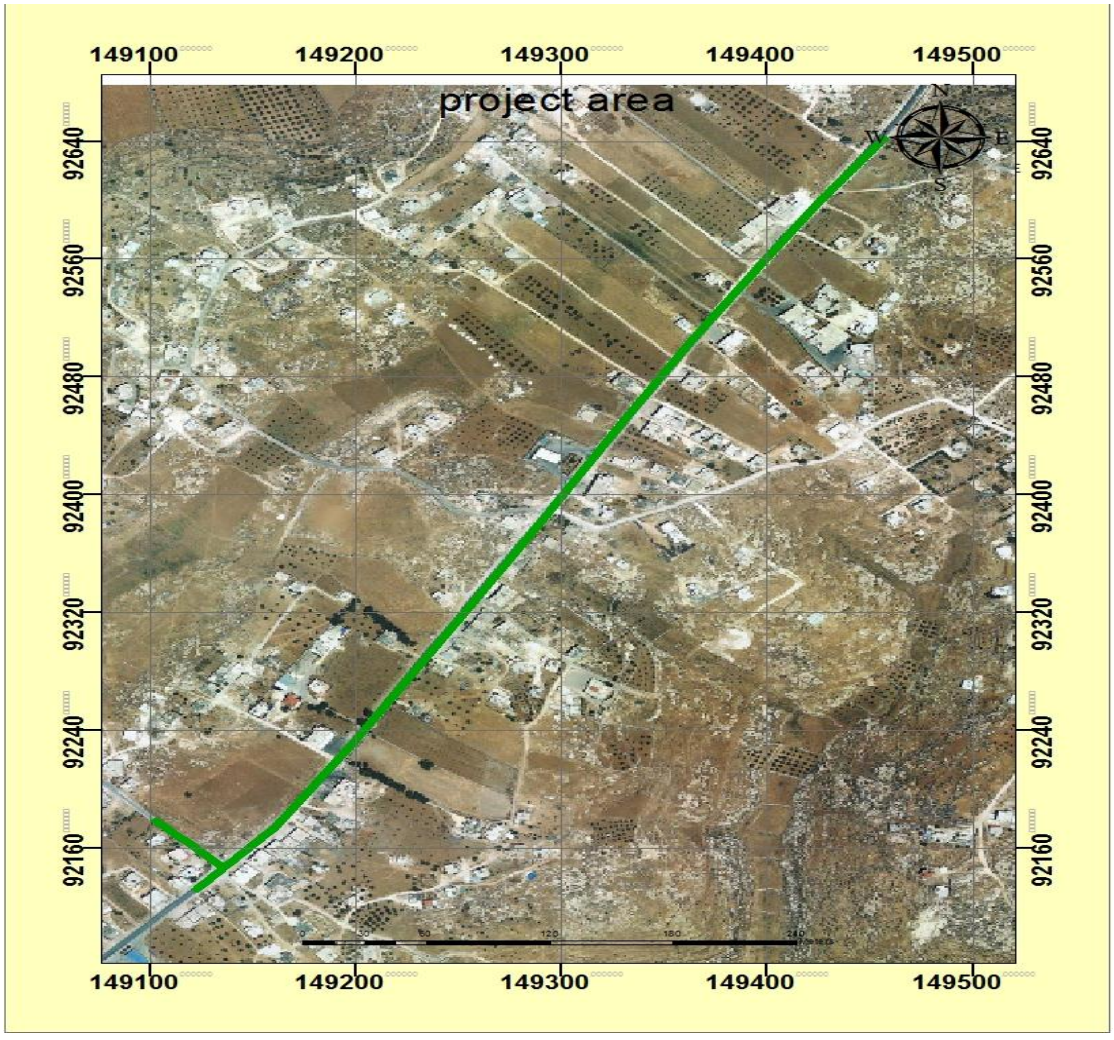
في العقود الثلاث الماضية ازداد الإقبال على أجهزة قياس المسافات الإلكترونية واستخدام وسائل المساحة الجوية ومعلومات الأقمار الصناعية بالنظر لما توفره هذه المصادر من توفير للوقت والجهد ودقة هائلة في القياس.

4-1 فكرة المشروع:-

تشتمل فكرة المشروع في الأعمال المساحية اللازمة للتصميم الهندسي للطريق الواقع في مدينة الظاهرية ، وهو عبارة عن طريق معبد بطول حوالي 1 كم ، ونهدف من وراء هذا العمل القيام بوضع تصميم نموذجي لهذا الطريق، و الاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق من حيث التخطيط الأفقي والتخطيط الرأسي، ويشمل الرفع الجانبي للطريق الذي يعرف باسم (Super elevation)، وكذلك عمل الميول الجانبية والأقنية الجانبية وحل مشكلة تجمع مياه الامطار في فصل الشتاء, ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصف والأكتاف وأرصفة المشاة والجزر الوسطية وحساب الكميات .

5-1 منطقة الدراسة :-

تقع هذه الطريق في الجزء الشمالي لمدينة الظاهرية في منطقة تسمى المشروع ، وتعتبر مدخل رئيسي للمدينة ويبلغ طول الطريق المشمول في الدراسة حوالي 1000 م وبعرض 20 م .



الشكل (1-1) : منطقة المشروع .

6-1 أهمية وأهداف المشروع:-

تعتبر المنطقة التي يقع فيها الطريق من المناطق الأكثر أهمية في مدينة الظاهرية كون هذه المنقطة تعتبر المدخل الرئيسي للمدينة من الجهة الشمالية بالإضافة إلى أنها الطريق الواصل بين المدينة ومدينة الخليل ودورا ومختلف المناطق الواقعة على الشمال من مدينة الظاهرية ، حيث يهدف هذه المشروع إلى إعطاء رونق خاص وأكثر ايجابية من الوضع الحالي ، كما يهدف المشروع إلى خدمة المنطقة السكنية الواقعة في منطقة المشروع وزيادة حيويتها ، بالإضافة إلى إتباع سبل الأمان على الشارع وإيجاد حلول لكافة المشاكل وتأهيل الطريق حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا للنظام المعتمد في وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.

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

أ- التصميم الهندسي للطريق: الذي ويشمل التخطيط الأفقي والراسي، حجم المرور وتركيبه، السرعة التصميمية، عرض المسرب، إنارة الطريق. علامات المرور، وغيرها.

ب- التصميم الإنشائي للطريق: والذي يشمل على مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى، ومن هذه التجارب تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا CBR وبعض الفحوصات المخبرية.

7-1 طريقة البحث:-

- اختيار موضوع البحث (دراسة وتصميم شارع الظاهرية - الخليل) وبما أن المشروع هو طرق فقد قمنا بالبحث عن طريق مناسب يتوفر فيه عدة خصائص مناسبة للمشروع مثل الطول، المكان، الحاجة . فتم الاستفسار عن الموضوع ومناقشته مع المشرف الجهات المختصة مثل بلدية الظاهرية .
- القيام بزيارة ميدانية (استطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم وتعيين نقاط المضلع الكاشفة لأجزاء الطريق (stations).
- البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في المشروع .
- القيام بتنفيذ العمل الميداني مع مسح للشارع ورفع التفاصيل من اجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم. وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع مغلق (Traverse) ومعالجته من الأخطاء باستخدام Adjustment by Least Squares وذلك من اجل دقة العمل المساحي .
- البدء بعملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة حسب المعطيات من العمل الميداني.
- البدء بكتابة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة مع مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- بعد الإنهاء من المقدمة وتسليمها يتم الاستمرار في عملية التصميم والبدء بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة المتبعة في جامعة بوليتكنك فلسطين، حيث نبدأ أولا بالقراءة واستخلاص النتائج والمعلومات المفيدة من عملية التصميم ومن ثم المراجع وصياغتها وترتيبها بشكل مناسب.

1-8 الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق

1-8-1 المرحلة الاستطلاعية

1- تحديد منطقة المشروع .
2- زيارة استطلاعية لمنطقة المشروع .
3- إحضار الصور الجوية لمنطقة المشروع .
4- تحديد جميع العوائق الغير ظاهرة على الصور .
5- تحديد المحطات لرفع الطريق.

2-8-1 المسح الميداني للطريق

1. الأعمال الحقلية وتشمل تحديد النقاط المرجعية (GPS) وتثبيت النقاط المساعدة في أعمال الرفع (محطات المضلع).
2. القيام بعملية الرفع المساحي لكافة التفاصيل الموجودة على الطريق .

3-8-1 التصميم النهائي للطريق

بعد عملية الرفع المساحي للطريق تم عمل ما يلي :-

1. تصميم وتخطيط المنحنيات الأفقية والرأسية.
2. عمل المقاطع الطولية والعرضية للطريق.
3. حساب كميات الحفر والردم .
4. عمل الفحوصات للتربة لتحديد سماكات الطبقات وعددها.

9-1 نطاق عمل المشروع

تم الاتفاق على أن تكون هيكلية المشروع موزعة كما يلي :

الفصل الأول : مقدمة عامة حيث تشمل نبذة تاريخية وفكرة المشروع وأهدافه وأهميته ومنطقة المشروع .

الفصل الثاني : المضلعات ويتضمن تعريف المضلعات وأنواعه وتصحيح المضلعات .

الفصل الثالث : مشاكل الطريق وحلول مقترحه لهذه المشاكل .

الفصل الرابع : أسس التصميم الهندسي للطريق ويشمل حجم المرور وتخطيط الطريق وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية وكذلك المقاطع العرضية والطولية.

الفصل الخامس: التصميم الإنشائي للطريق ويتضمن الفحوصات المخبرية وتصميم الطبقات وتحديد سماكاتها .

الفصل السادس : حساب كميات الحفر والردم.

الفصل السابع : التكلفة والعطاء.

الفصل الثامن : النتائج والتوصيات.

10-1 الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة

1. جهاز المحطة الشاملة Total Station.

ومرفقاته من (عواكس ، شواخص ، وشريط القياس، وعلبة الدهان، وأجهزة اللاسلكي).

2. برنامج AutoCAD 2007.
3. برنامج Autodesk Land Survey 2006.
4. برنامج Adjust Computation.
5. برنامج Arc GIS 9.2.
6. AutoCAD Civil 3D 2009.

11-1 العوائق والصعوبات

1- صعوبة الحصول على المعلومات من الجهات الرسمية أثناء عملية جمع المعلومات.

2- ازدحام المرور في تلك المنطقة كان له أثر كبير في صعوبة العمل الميداني.

3- الأحوال الجوية الماطرة .

2

الفصل الثاني

أعمال المضلعات " Traversing "

2-1 مقدمه

2-2 أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية .

2-3 أنواع المضلعات.

2-3-1 المضلع المفتوح .

2-3-2 المضلع المغلق.

2-4 القراءات

2-5 حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح

2-6 تصحيح الأخطاء للمضلع .

2-6-1 الأخطاء في المسافات .

2-6-2 الخطأ في الضبط المؤقت للجهاز .

2-6-3 أخطاء التوجيه .

2-6-4 الأخطاء في قياس الزوايا .

2-7 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات.

2-7-1 . least square method

2-7-2 . Relative error ellipse

2-8 النتائج.

2-1 المقدمة

يعرّف المضلع هو عبارة عن مجموعة من الخطوط المتصلة المتعرجة التي تحيط أو تخترق المساحة المطلوب رفعها ، حيث تقاس حقليا أطوال هذه الخطوط والزوايا بينها ومن ثم يتم تحديد المواقع النسبية لنقاط المضلع بالنسبة لبعضها البعض .

2-2 أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية

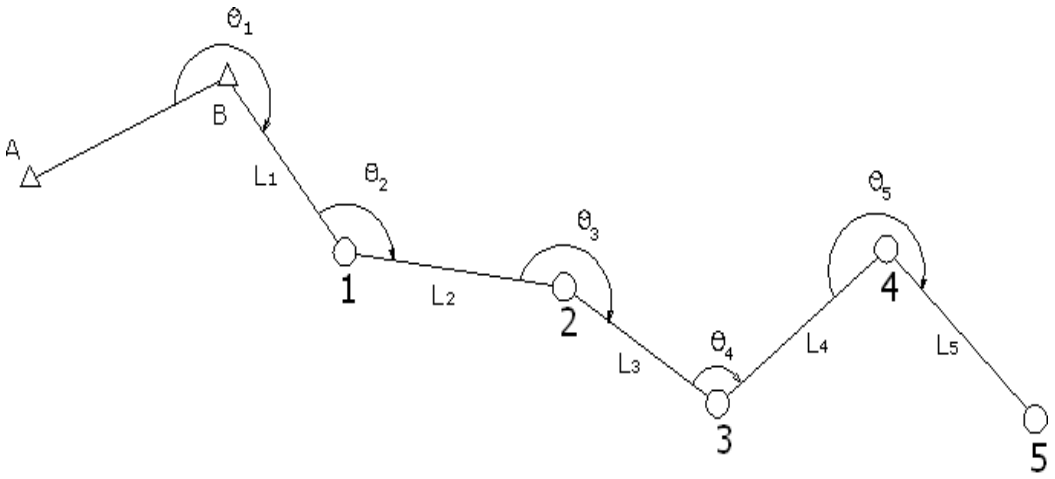
تعتبر أعمال المضلعات من أهم الأعمال المساحية التي تخدم أعمال الرفع المساحي اللازمة للمنشآت الهندسية ومواقع البناء وأعمال الطرق والسكك الحديدية أو المعالم الطبيعية (جبلية أو زراعية) وكذلك اعمال رسم الخرائط الطبوغرافية .

2-3 أنواع المضلعات

تنقسم المضلعات إلى :

2-3-1 المضلع المفتوح

وفيه تبدأ الأرصاد من نقطة معلومة الإحداثيات ولكن لا تنتهي عند نفس النقطة ولا ترتبط بنقطة اخرى معلومة الإحداثيات ، ولذلك لا يمكن التحقق من أرصاده.



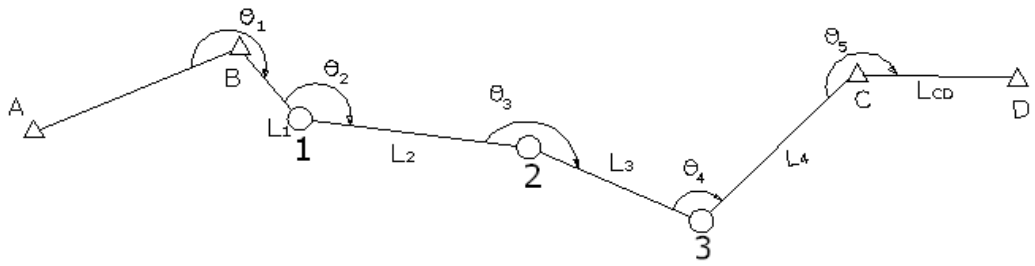
شكل رقم (2-1) (1)_(open traverse)

2-3-2 المضلع المغلق

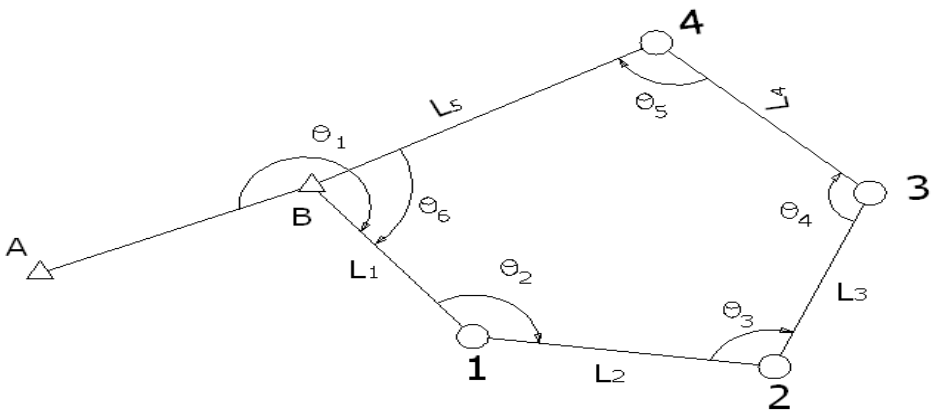
في هذا النوع من المضلعات ، يكون المضلع مغلقاً من حيث عدد الأضلاع أو الشكل الخارجي ، حيث يبدأ بنقطتين معلومتين الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتين الإحداثيات وهو نوعين

1- إذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنفس النقطتين يسمى (closed loop traverse)

2- اذا بدأ في نقطتين معلومتين الإحداثيات وعاد وانتهى بنقطتين جديدتين معلومات الإحداثيات أيضا يسمى (Closed traverses or link traverses) وهذا النوع الذي قمنا باستخدامه في هذا المشروع .



شكل رقم (2-2) (2)_(Link traverse)



شكل رقم (3-2) (3)_(Closed traverse)

4-2 القراءات

Station Back sighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	Distance
ST1	ST2	3	201 12' 05"	207.951
ST1	ST2	3	201 12' 35"	207.937
ST1	ST2	3	201 12' 30"	207.959
ST1	ST2	3	201 12' 27"	207.949
ST2	3	4	174 32' 38"	182.129
ST2	3	4	174 32' 42"	182.174
ST2	3	4	174 32' 48"	182.159
ST2	3	4	174 32' 48"	182.155
3	4	5	183 40' 20"	255.446
3	4	5	183 40' 25"	255.478
3	4	5	183 40' 35"	255.478
3	4	5	183 40' 30"	255.478
4	5	6	174 31'35"	101.294
4	5	6	174 31'15"	101.310
4	5	6	174 31'10"	101.287
4	5	6	174 31'35"	101.291
5	6	7	186 42' 10"	180.979
5	6	7	186 42' 30"	180.943
5	6	7	186 42' 15"	181.00
5	6	7	186 42' 25"	180.958
6	7	ST3	178 32' 45"	110.878
6	7	ST3	178 32' 55"	110.849

6	7	ST3	178 32' 45"	110.853
6	7	ST3	178 32' 40"	110.855
7	ST3	ST4	188 29' 30"	---------
7	ST3	ST4	188 29' 35"	---------
7	ST3	ST4	188 29' 25"	---------
7	ST3	ST4	188 29' 20"	---------

جدول (2-1) القراءات

لو أخذنا علي سبيل المثال الزاوية الأولى فان الوسط للحسابي للزاوية سيكون

$$Mean = \sum \frac{Di}{N} = 20112'05"+20112'35"+20112'30"+20112'27"/4 = 20112'24""$$

أما بالنسبة للمسافة

$$Mean = \sum \frac{Di}{N} = 207.937 + 207.951 + 207.959 + 207.949 / 4 = 207.949$$

والجدول التالي يبين الوسط الحسابي لجميع القراءات

Station Back sighted	Station Occupied	Station Foresighted	Angle	Distance
ST1	ST2	3	201 12' 24"	207.949
ST2	3	4	174 32'44"	182.154
3	4	5	183 40'26"	255.470
4	5	6	174 31'23"	295.500
5	6	7	186 42' 20"	180.970
6	7	ST3	178 32' 46"	110.858
7	ST3	ST4	188 29' 28"	----------

جدول (2-2) القراءات بعد حساب الوسط الحسابي

5-2 حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح

يتم حساب الانحراف للخطوط بناءً على العلاقة التالية:

$$AZ_{(ST2-ST1)} = \tan^{-1}\frac{\Delta E}{\Delta N} + C$$

$$Az_{(ST2-ST1)} = \tan^{-1}\frac{149778.180 - 149762.176}{93270.570 - 93199.521} = \tan^{-1}\frac{16.004}{71.049} = 12°41'39.05"$$

$$Az_{(ST2-3)} = Az_{(ST2-ST1)} + \text{int}\,angle = 12°41'39.05" + 201\ 12'\ 24" = 213°54'3.05"$$

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

Δ Easting = Horizontal Distance × sin (azimuth)

Δ Northing = Horizontal Distance × Cos (azimuth)

Easting = easting B + Δ easting

Northing =Northing B + Δ northing

Δ Easting = 207.949* sin(213 54'3.05") = -115.985

Δ Northing = 207.949*cos(213 54'3.05")= -172.598

Easting = 149762.176-115.985 = 149646.191

Northing =93199.521-172.598= 93026.923

لقد تم حساب الإحداثيات غير المصححة (الإحداثيات الأولية) عن طريق الحاسوب باستخدام برنامج (اوتودسك Autodesk) والجدول التالي يشمل النتائج :-

Station	Easting (m)	Northing (m)
3	149646.191	93026.922
4	149557.425	92866.761
5	149423.592	92650.394
6	149291.081	92386.271
7	149191.596	92235.100

جدول (2-3) الإحداثيات غير المصححة (الأولية) للمحطات في الميدان

لقد تم تصحيح المضلع بناءً على إحداثيات معلومة و صحيحة تم رصدها من جهاز ال GPS والجدول التالي يشمل هذه الإحداثيات :

point	Easting	Northing
ST.1	149778.180	93270.570
ST.2	149762.176	93199.521
ST.3	149133.102	92140.923
ST.4	149057.413	92052.137

جدول (2-4) الإحداثيات المعلومة إحداثيات (GPS)

6-2 تصحيح الأخطاء للمضلع

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

- الخطأ في الزاوية angular error = 5"
- الخطأ في المسافة distance error = ±3 mm + 2ppm

2-6-1 الأخطاء في المسافات

يتم حساب الأخطاء في المسافات بناءا على العلاقة التالية:

$$\sigma_D = \sqrt{(\sigma_i)^2 + (\sigma_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2}$$

حيث أن:

σ_D : الخطأ في المسافة المقاسة

σ_i : الخطأ في ضبط الجهاز

σ_t : الخطأ في وضعية العاكس

a, b : معاملات الجهاز

2-6-2 الخطْأ في الضبط المؤقت للجهاز

وسببه ما يلي:-

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

2-6-3 أخطاء التوجيه

وهذه الأخطاء تكون ناجمة عن وضع العاكس بشكل غير قائم ويقدر هذا الخطأ بقيمة 2 ملم

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

3mm $\pm$ 2ppm = a, b

مثال على تصحيح الأخطاء في المسافات:

المسافة المقاسة بين المحطة ST2-3 = 207.949

$$\sigma_D = \sqrt{(\sigma_i)^2 + (\sigma_t)^2 + a^2 + (D \times bppm)^2}$$

$$\sigma_D = \sqrt{(0.002)^2 + (0.002)^2 + (0.003)^2 + (207.949 \times 0.000002)^2} = 0.00414m$$

وهذا الخطأ مسموح حسب جدول المواصفات التالي حيث تم اعتماد (Less Important Area)

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

جدول رقم(2-5) الجدول يبين قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية (1)

Line	Distance (m)	$\sigma_D(m)$
ST2-3	**207.949**	**0.00414**
3-4	**182.154**	**0.00414**
4-5	**255.470**	**0.00415**
5-6	**295.500**	**0.00417**
6-7	**180.970**	**0.00414**
7-ST3	**110.858**	**0.00413**

جدول (2- 6) معدل المسافات المقروءة بين المحطات و مقدار الخطأ في كل مسافة

2-6-4 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 التالية:

$$\sigma_{apr} = \frac{2\sigma_{DIN}}{\sqrt{n}}$$

حيث أن:

σ_{apr} : هو الخطأ الناتج عن التوجيه والقراءة.

σ_{DIN} : الخطأ الناتج عن جهاز المحطة الشاملة.

n : عدد مرات التكرار .

وقيمة هذا الخطأ تكون ثابتة تقريبا لجميع الزوايا وتساوي

$$\sigma_{apr} = \pm\frac{2\times 5''}{\sqrt{4}} = \pm 5$$

7-2 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات

هناك أكثر من طريقة لتصحيح إحداثيات المضلع منها :

1) Least Square Method .

2) Linear and Angular Misclosure Method .

لقد استخدمنا الطريقة الأولى في التصحيح و ذلك لأنها أدق طريقة وتصحح كل إحداثي حسب الخطأ الموجود فيه وكذلك تعطي معلومات عن مدى الدقة في المضلع .

هناك عدة أنواع من المضلعات وقد تم استخدام المضع المتصل (Link Traverse) حيث انه انسب هذه الأنواع بالنسبة للمشروع .

1-7-2 least square method

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

حيث أن:

Unknown matrix : X

Jacobean matrix :A

Observation matrix :*L*

Variance matrix : V

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

The Jacobean Matrix A:

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

Distance observation reduction:-

$$F(x_i, y_i, x_j, y_j) = \sqrt{(x_j - x_i)^2 + (y_j - y_i)^2}$$

linearization:

Taking the derivatives of last equation:

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

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

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

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

Angle observation reduction:-

$$\theta = Az_{IF} - Az_{IB}$$

$$\theta = \tan^{-1}\frac{x_f - x_i}{y_f - y_i} - \tan^{-1}\frac{x_b - x_i}{y_b - y_i} + D$$

Taking the derivatives of the last equation:

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

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

The Observation Matrix L:

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

The Unknowns Matrix X:

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

The Variance Matrix V:

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

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

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

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

Station	Easting (m)	Northing (m)	StdDevEst	StdDevNth
3	149646.2216	93026.9008	0.265	0.279
4	149559.4855	92866.7204	0.362	0.366
5	149423.6883	92650.3302	0.377	0.385
6	149291.2050	92386.1900	0.310	0.345
7	149191.7157	92235.0199	0.204	0.257

جدول (2-7) الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان

Relative error ellipse 2-7-2

في هذا النوع من التصحيح يلزم الأمور التالية:

- إحداثيات النقاط التي تصل الخط , فمثلا إذا كان لدينا الخط الذي يصل بين النقطتين 1و 2 نحتاج الى احداثياته:

(E_2,N_2) , (E_1, N_1)

حيث أن طريقة التعامل كانت E=X و N=Y

$$\Delta x = x_2 - x_1$$
$$\Delta y = y_2 - y_1$$

- كذلك يجب أن تتوفر لدينا covariance matrix (Qxx) .
- طريقة الحل باستخدام relative error ellipse حيث أن الخطأ في النقاط يكون على شكل ellipse وبذلك نعتمد على glopov والمعادلات التالية تبين طريقة الحل:

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = F \sum_{xx} F^T$$

$$\sum_{\Delta x \Delta y} = \begin{bmatrix} s^2_{\Delta x} & s_{\Delta x \Delta y} \\ s_{\Delta x \Delta y} & s^2_{\Delta y} \end{bmatrix}$$

$$\Delta_x = x_2 - x_1$$
$$\Delta_y = y_2 - y_1 \ldots.$$

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

$$\tan(2t) = \frac{2q_{\Delta x\Delta y}}{q_{\Delta y} - q_{\Delta x}} ..$$

$$q_{\Delta u} = q_{\Delta x} \sin^2(t) + 2q_{\Delta x\Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \cos^2(t)$$
$$q_{\Delta v} = q_{\Delta x} \cos^2(t) - 2q_{\Delta x\Delta y} \cos(t)\sin(t) + q_{\Delta y} \sin^2(t).$$

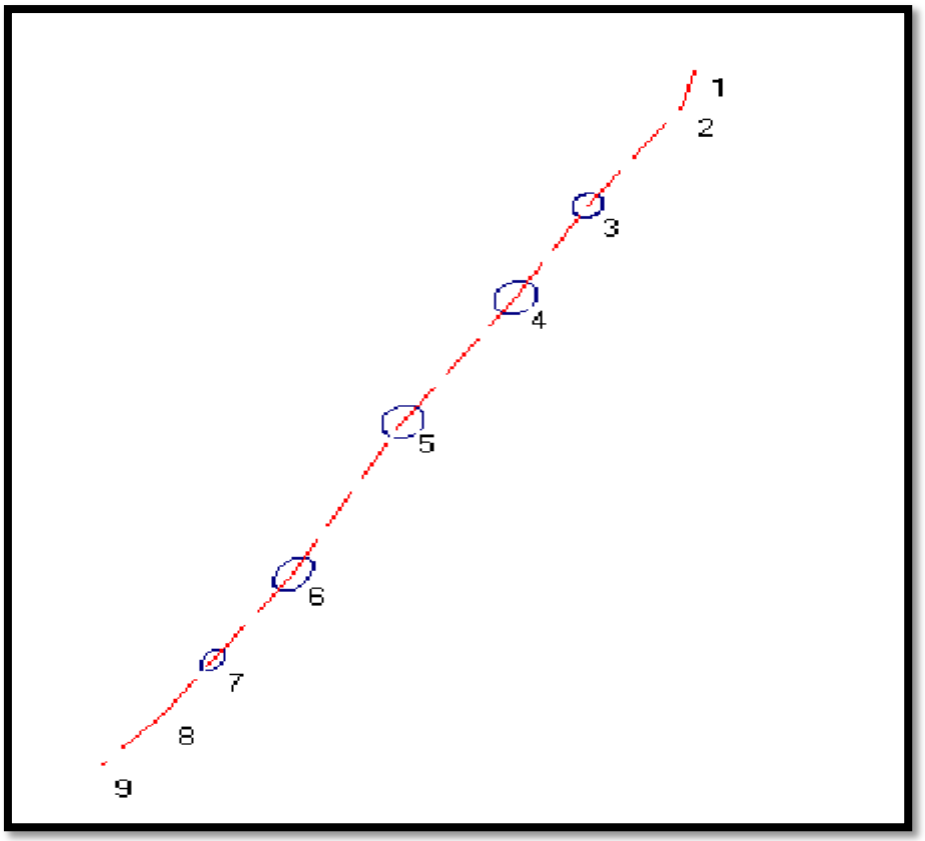
$$S_u = S_\circ \sqrt{q_{\Delta u}}$$
$$S_v = S_\circ \sqrt{q_{\Delta v}}$$

$$relative\ accuracy = \frac{S_{u(\max)}}{D_i}$$

حيث أن:

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

وقد تم الاعتماد على برنامج Adjust في معرفة Relative error ellipse وكانت النتائج كما هي موضحة بالشكل التالي:



الشكل رقم (2-4) ellipse

2-8 النتائج

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

Angular error	**00-1-41**
Angular error/se	**0-00-32**
Error North	**-0.0562**
Error East	**0.0793**
Absolute error	**0.0971**
Error Direction	**S 54-40-51 E**
Perimeter	**1232.9010**
Precision	**1in 12693.7300**
Number of sides	**6**

جدول(2-8) قيم الأخطاء الناتجة

Total # of unknown points	5
Total # of points	9
Total # of observations	13
Degree of freedom	3
Confidence level	95%
Number of iterations	2
Chi square value	606.53781
Goodnees of fit Test	Fails at the 5% Level
Standard Deviation of unit weight	14.21898

جدول(2-9) تحليل البيانات المدخلة

Type	Pnt1	Pnt2	Pnt3	Measured	StdDev	Adjusted	Resid
DIST	2	3		207.9490	0.005	207.9499	0.0009
ANG	1	2	3	201-12 23.70	7.300	201-11-46.71	-36.99
DIST	4	5		255.4700	0.005	255.4714	0.0014
ANG	3	4	5	183-40-26.20	4.200	183-40-31.85	5.65
DIST	6	7		180.9700	0.005	180.9710	0.0010
ANG	5	6	7	186-42-20.00	4.000	186-42-47.93	27.93
ANG	7	8	9	188-29-27.50	7.300	188-31-41.09	133.59
DIST	7	8		110.8580	0.005	110.8593	0.0013
ANG	6	7	8	178-32-46.20	6.100	178-34-08.73	82.53
DIST	5	6		295.5000	0.005	295.5028	0.0028
ANG	4	5	6	174-31-22.50	3.400	174-31-33.90	11.40
DIST	3	4		182.1540	0.005	182.1562	0.0022
ANG	2	3	4	174-32-43.70	4.500	174-32-40.65	-3.05

جدول (2-10) أطوال الخطوط التي تربط كل محطتين والزوايا المحصورة بينها.

3

الفصل الثالث

عيوب الطريق واساليب معالجتها

1-3 المقدمة

2-3 تعريف بالمشاكل

3-3 عيوب الرصفة الإسفلتية

1-3-3 الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking

2-3-3 الشقوق الشبكية Block cracking

3-3-3 الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks

4-2-3 الـــرقـع Patching

5-2-3 هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop

6-2-3 الشقوق الانزلاقية Slippage Cracks

7-2-3 التطاير والتآكل Raveling and Weathering

8-2-3 الشقوق الجانبية Edge Cracking

9-2-3 الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking

4-3 عرض الشارع

5-3 تجمع مياه الامطار

6-3 مشكلة الاضاءة الغير كافية على الطريق

1-3 المقدمة

تُعتبر برامج الصيانة الخطوة الهامة والضرورية بعد إنشاء الطريق للمحافظة عليه، وذلك لتأمين عمليات مرور آمنة ومريحة. وقبل تنفيذها لا بد من إجراء تقويم شامل للطريق لمعرفة العيوب الموجودة فيه وأسباب هذه العيوب من أجل تحديد أفضل وسائل الصيانة. ووجود دليل موحد لإجراءات تقويم رصفات الطرق يُسهل عملية التشخيص الصحيح لحالة الرصفات بالأسلوب المنهجي ويُعتبر الحد الأدنى للمحافظة على شبكات الطرق وتوظيف مخصصات صيانتها بالشكل الصحيح.

لصيانة الطرق عدة أعمال منها ظاهرة أو غير ظاهرة.

- الظاهرة: كحفر الإسفلت أو التربة أو الكهرباء أو مصافي تصريف الماء أو الفاصل الخرساني.
- الغير ظاهرة: التمديدات الكهربائية، الطبقات الترابية، أنابيب المياه والصرف الصحي، عبارات تصريف مياه الشتاء، والهاتف.

تعاني الطرق من مشاكل عدة تنعكس على أمن وسلامة مستخدميه ,لذا كان من الضروري مناقشة المشاكل المتمثلة في طريق الظاهرية-الخليل والعمل جاهدين على ايجاد حلول لها , فبعد القيام بالزيارة الميدانية للموقع ودراسة كافة الجوانب من ناحية هندسية سنعرض لكم بالصور هذه المشاكل مع شرح لكل منها والاقتراحات الممكنة لحل هذه المشاكل.

2-3 تعريف بالمشاكل

يعاني الطريق من المشاكل التالية:

- عيوب الرصفة الاسفلتية.
- ضيق الطريق.
- سوء تصريف مياه الأمطار وقلة عبارات تصريف مياه الأمطار.
- بسبب ضيق الطريق يظهر استغلال المركبات لجوانب الطريق الغير معبدة كجزء من الطريق .
- الاضاءة غير كافية على الطريق.
- عدم وجود اشارات مرورية على الاطلاق.

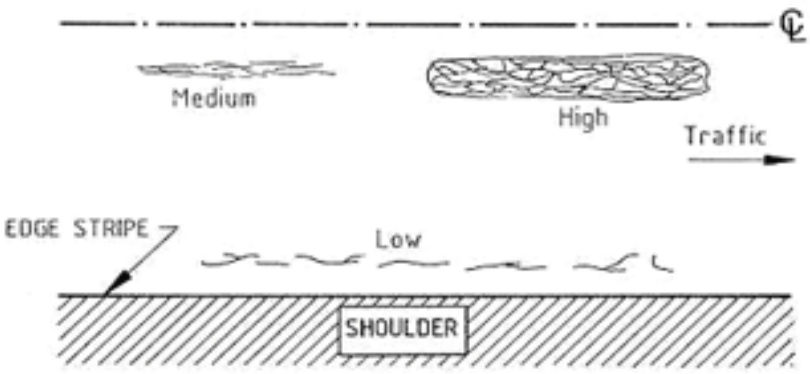
3-3 عيوب الرصفة الإسفلتية

3-3-1 الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking

الوصف

الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل عبارة عن شقوق متداخلة متوالية حدثت نتيجة انهيار الكلل للخرسانة الإسفلتية تحت تأثير الأحمال المتكررة. تبدأ هذه الشقوق تحت سطح الإسفلت حيث إجهاد وانفعال الشد عالي تحت الإطار، ثم تنتشر إلى السطح في شكل شقوق طولية متوازية. ونتيجة تأثير أحمال الحركة المتكررة تبدأ هذه التشققات في التواصل في كل الاتجاهات وفي شكل زوايا حادة مكونة شكلاً يشبه جلد التمساح ومن هنا جاءت تسميتها بالشقوق التمساحية.

تحدث هذه الشقوق دائماً في المواقع التي تكون فيها أحمال الحركة متكررة وخاصة في مسارات الإطارات. ويُبين الشكل رقم (3-1-1) رسماً لهذه الشقوق ومستويات الشدة وموقعها من الطريق.



الشكل رقم (3-1) رسمة الشقوق التمساحية

الشكل رقم (3-2) الشقوق التمساحية.

الأسباب المحتملة

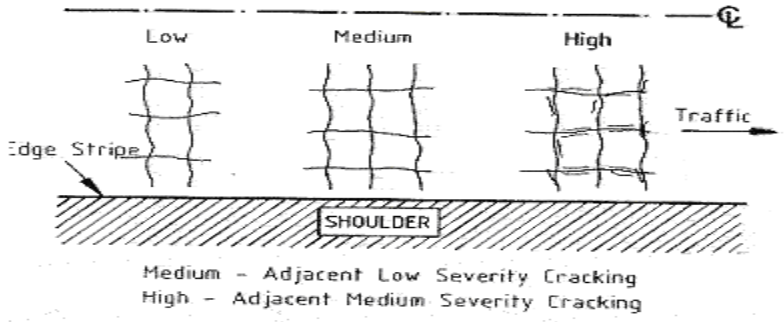
تتضمن الأسباب المتوقعة للشقوق التمساحية سبب أو أكثر من الأسباب التالية:

1. تلف الطبقة الإسفلتية نتيجة لتلف الطبقة السفلية بسبب الأحمال المرورية المتكررة.
2. عدم ثبات حالة طبقة الأساس الأسفلتي أو طبقة تحت الأساس بسبب هبوط زائد للسطح.
3. ضعف طبقة الأساس الحجري مما جعلها غير قادرة على الهبوط الزائد الناتج من الأحمال المرورية.
4. تقادم المواد الإسفلتية بفعل الزمن.
5. عدم كفاية سماكة طبقات الرصف.
6. ضعف تصريف في طبقتي القاعدة وتحت الأساس.

2-3-3 الشقوق الشبكية Block cracking

الوصف

الشقوق الشبكية هي شقوق متداخلة تقسم الطبقة إلى قطع مربعة بأبعاد حوالي 30×30 سم إلى 3×3 متر. وتختلف الشقوق الشبكية عن الشقوق التمساحية بأن الأخيرة تكون بشكل قطع صغيرة وبعدة أضلاع وزوايا حادة وتوجد في مسارات الإطارات، بينما توجد الشقوق الشبكية في كل مكان على سطح الرصف. وتكثر الشقوق الشبكية في الطرق والشوارع ذات الأحجام المرورية المتدنية وفي ساحات مواقف السيارات.



الشكل رقم (3-3) رسمة الشقوق الشبكية

الشكل رقم (3-4) الشقوق الشبكية

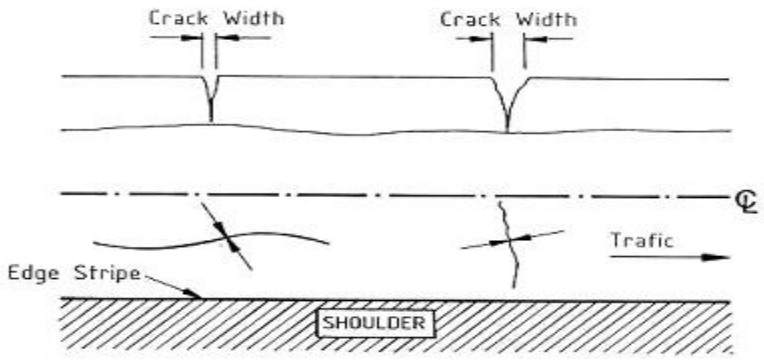
الأسباب المحتملة

تُعتبر الشقوق الشبكية من العيوب الوظيفية والإنشائية والسبب الأساس لهذه الشقوق هو الانكماش الحراري للمواد الإسفلتية الرابطة نتيجة للانفعال والإجهاد الدوري، كما يُشير ظهور هذه الشقوق إلى تصلب الإسفلت بدرجة كبيرة. غير أن الشقوق الشبكية من العيوب غير المتعلقة بالأحمال بالرغم من زيادة مستوى شدتها نتيجة لتأثير الأحمال، كما أن الخرسانة الإسفلتية الضعيفة تُعجل من بداية ظهور هذه الشقوق.

3-3-3 الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks

الوصف

الشقوق الطولية هي شقوق تمتد موازية لمحور الطريق، أما الشقوق العرضية فهي تمتد بعرض الرصف تقريباً متعامدة مع محور الطريق. تعتبر هذه الشقوق عيوب إنشائية (ضعف طبقة الرصف) وعيوب وظيفية (خشونة سطح الرصف)، لذلك فهي من العيوب التي لا تتعلق بالأحمال المرورية، لكن الأحمال والرطوبة تُعجل بتدهور هذه الشقوق.



الشكل رقم (3-5) رسمة الشقوق الطولية والعرضية.

الشكل رقم (3-6) رسمة الشقوق الطولية والعرضية.

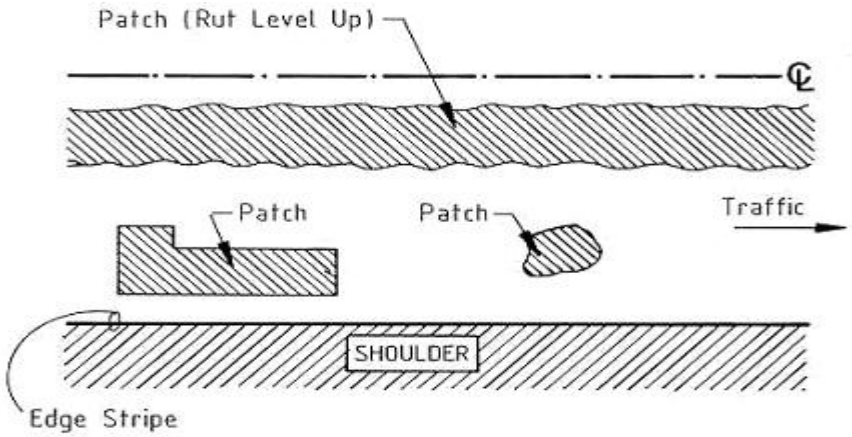
الأسباب المحتملة

1. عدم جودة تنفيذ فواصل المسار (في حالة الشقوق الطولية) .
2. انكماش سطح الطبقة الإسفلتية نتيجة لانخفاض درجة الحرارة أو تصلب الإسفلت .
3. الشقوق الانعكاسية الناتجة عن الشقوق السفلية تحت الطبقة السطحية مثل شقوق البلاطات الخرسانية الأسمنتية (لكن لا تتضمن فواصل البلاطات الخرسانية) .

4-3-3 الـرقـع Patching

الوصف

يتضمن هذا النوع من العيوب انهيار مواقع صيانة وإصلاح طبقات الرصف الموجودة. وفي الحقيقة يُعتبر الترقيع عيباً بحد ذاته حتى لو كان أداؤه جيداً، وبشكل عام تتعلق بعض خشونة سطح الرصف بهذا العيب.



الشكل رقم (3-7) رسمة للرقع.

الشكل رقم (3-8) الرقع

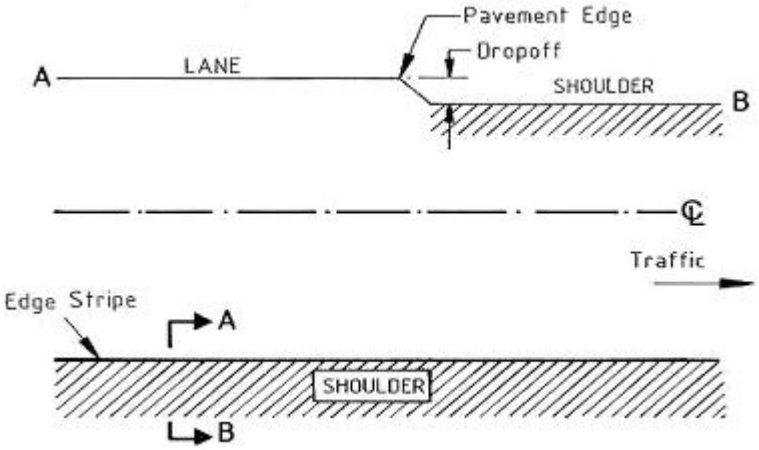
الأسباب المحتملة

تتضمن الأسباب المحتملة لعيب الترقيع الأحمال المرورية، عدم ضبط جودة المواد أو سوء تنفيذ إعادة الردم وسوء تشغيل الإسفلت .

5-3-3 هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop

الوصف :-

هي اختلاف بين مستوى حافة الرصف وسطح الأكتاف، وعادة يكون مستوى الأكتاف أقل من مستوى المسار المجاور.



الشكل رقم (3-9) رسمة لهبوط الأكتاف.

الشكل رقم (3-10) هبوط الأكتاف

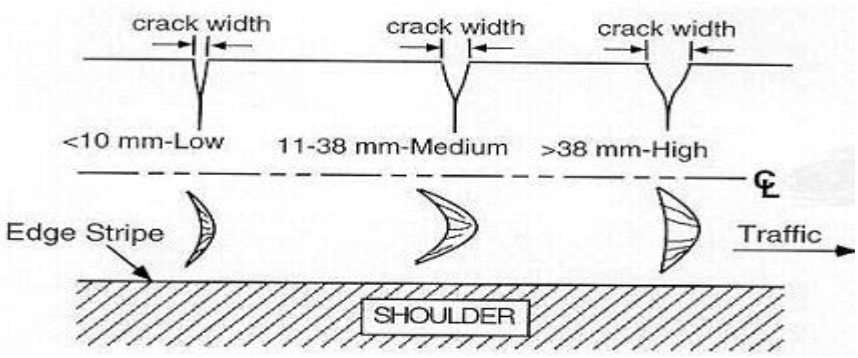
الأسباب المحتملة

تتضمن أسباب هبوط الأكتاف تعري وهبوط الأكتاف، أو تنفيذ المسارات الحاملة Carriageway بدون ضبط مستوى الأكتاف.

6-3-3 الشقوق الانزلاقية Slippage Cracks

الوصف

هذه الشقوق لها شكل نصف هلال وتنتقل عادة باتجاه الحركة. وتظهر الشقوق الانزلاقية في مواقع استعمال مكابح السيارات حيث تسبب انزلاق أو انهيار لطبقة الرصف.



الشكل رقم (3-11) الشقوق الانزلاقية

الشكل رقم (3- 12) الشقوق الانزلاقية

الأسباب المحتملة

1. ضعف الربط بين طبقة السطح والطبقات المتتالية لهيكل أو بناء الرصف.
2. انخفاض مقاومة الخلطة الإسفلتية .

7-3-3 التطاير والتآكل Raveling and Weathering

الوصف

التطاير هو تفتت تدريجي لطبقة الرصف السطحية يعقبه طرد للحصى من مكانها وتتحول مواد الخلطة إلى مواد مفككة تشبه المواد الحجرية المفككة، أما التآكل فهو فقدان المواد الإسفلتية المغطية لسطح الطريق. تشير هذه العيوب إلى أن المواد الإسفلتية قد تصلبت أو أن الخلطة الإسفلتية المستعملة ضعيفة الجودة.

الشكل رقم (3-13) التطاير والتآكل

الأسباب المحتملة

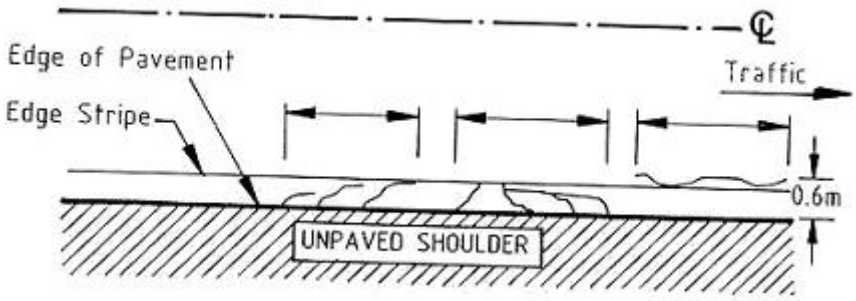
يحدث التطاير للأسباب التالية

1. إجهاد القص الأفقي نتيجة الحركة المرورية.
2. تأكسد أو تقادم المواد الإسفلتية الرابطة وانفصال الحصى، ونقص المواد، والحرارة الزائدة للخلطة، وقلة المحتوى الأسفلتي وعدم كفاية الدمك واستخدام حصمة ضعيفة في الخلطة الإسفلتية.
3. وجود الماء (الذي تخلل إلى داخل الطبقة عن طريق الفراغات) والذي يؤدي إلى ضغط هيدروستاتيكي عند تأثير الحركة .
4. انبعاث المواد الهيدروكربونية لفترة طويلة من محركات السيارات (تعمل المواد الهيدروكربونية كمذيب للمواد الإسفلتية) .

8-3-3 الشقوق الجانبية Edge Cracking

الوصف

تكون الشقوق الجانبية بشكل عام موازية لحافة الرصف وتبعد بمسافة تتراوح بين 0.3- 0.5 متر من الحافة، وتمتد هذه الشقوق بالاتجاه الطولي والعرضي وتتفرع نحو الأكتاف. وتزداد الشقوق الجانبية نتيجة للأحمال المرورية، وتصنف المساحة المحصورة بين الشق وحافة الرصف بأنها متطايرة إذا حدث فيها تكسر.



الشكل رقم (3-14) رسمة الشقوق الجانبية.

الشكل رقم (3-15) رسمة الشقوق الجانبية

الأسباب المحتملة

تظهر الشقوق الجانبية بسبب ضعف طبقتي الأساس والقاعدة بالقرب من حافة الرصف.

9-3-3 الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking

الوصف

تظهر هذه الشقوق فقط على السطوح الإسفلتية التي تنفذ على بلاطات خرسانة إسمنتية، ولا تتضمن شقوق انعكاسية من طبقات الأساس (بمعنى طبقات أساس إسمنتية أو جيرية محسنة). وتنشأ هذه الشقوق نتيجة للحركة المتولدة بالحرارة والرطوبة بين البلاطة الخرسانية الإسمنتية السفلية والسطح الأسفلتي، ولا يتعلق هذا العيب بالأحمال المرورية غير أن هذه الأحمال يمكن أن تسبب تكسر السطح الأسفلتي قرب الشقوق مما يتلفها. فإذا عُلمت أبعاد البلاطة الخرسانية السفلية فهذا يساعد على معرفة هذا العيب.

الشكل رقم (3-16) الشقوق الانعكاسية

الأسباب المحتملة

تُعتبر حركة البلاطة الخرسانية الإسمنتية الناتجة عن الحرارة والرطوبة والتي بدورها تنعكس على سطح الرصف الأسفلتي هي السبب الرئيس لحدوث شقوق الفواصل الانعكاسية

طريقة المعالجة

إجراء فحص للرصفات ويتم كالآتي

طرق وتوصيات الفحص

يتم تقييم حالة الرصف بالملاحظة البصرية وتسجيل أنواع العيوب الموجودة على سطح طبقة الرصف . وتشمل عناصر تقييم الحالة بصرياً ما يلي:

- نوع العيب (Type of distress).
- شدة العيب (Severity of distress).
- كثافة وامتداد تأثير العيب على طبقة الرصف (Density/ Extent).

قبل إجراء أي فحص للموقع يجب اتباع وسائل السلامة وذلك لضمان سلامة وسير عملية الفحص. وتوجد مرحلتين لتنفيذ المسح البصري للعيوب، الأولى بقيادة سيارة والثانية بالسير على الأقدام.

أثناء المرحلة الأولى من الفحص يقود فريق المسح السيارة بسرعة بطيئة على كامل منطقة الرصف ويتم تسجيل المناطق المتأثرة من الرصف بشكل تقريبي وعمل رسومات توضيحية .

المرحلة الثانية وهي مرحلة السير على الأقدام للمنطقة المدروسة، بهدف التعرف على مواقع العيوب .

وتتم عملية صيانة الطرق كالآتي :

أ)- الحفر الإسفلتية:

يقوم المتعهد بتحديد مكان الإسفلت بواسطة منشار وظيفته فصل الإسفلت المستوجب عزله عن الإسفلت الجيد بشكل أفقي بمعدل 90 درجة عن مسطح الطريق، بعد عزل الإسفلت ترص الطبقة الترابية التي يليها الإسفلت بواسطة آلة ميكانيكية يدوية رجراج حتى المنسوب المطلوب رصه كما يشير المختبر، ثم نرش الزفت السائل(كولاس) بمعدل 1 كغم في المتر المربع الواحد تحت حرارة لا تقل عن 90 درجة مئوية وأن لا تزيد نسبة رطوبة الأرض عن 3 % حتى لا تجعل لنا طبقة عازلة بين التربة والإسفلت، ويترك حتى تتدنى حرارته لتساوي حرارة الجو، ثم يلي ذلك وضع الإسفلت على الكولاس ويرص بواسطة مدحلة لا تقل زنتها عن 10 طن ولا تزيد عن 15 طن بسرعة 5 كلم في الساعة على أن ترطب العجلات بالماء حتى لا يتناثر الإسفلت عند رصه، ثم تفتح الطريق أمام المرور بعد تدني الحرارة لتساوي حرارة الجو.

ب)- التربة:

إذا مر على الطريق عمر من الزمن ويوجد فيها نتوءات، تؤخذ عينات من الإسفلت والطبقات التي تليها إلى المختبر لفحصها وللحصول على نتائج تمكننا من معرفة إن كان لزوم نزع التربة أو صيانة الإسفلت فقط.

4-3 عرض الشارع

عرض الشارع الحالي قليل ولا يلبي الاحتياجات المنشودة حيث يعتبر هذا الشارع مدخل رئيسي لمدينة الظاهرية ونقطة انطلاق الى باقي مدن الضفة الغربية حيث ان العرض الحالي للطريق هو 7.5 م أي مسربين فقط .

الشكل رقم (3-17) عرض الطريق

طريقة المعالجة :

بعد الرفع التفصيلي للطريق وللأبنية المجاورة سيتم تصميم الطريق بعرض 20 م .

5-3 تجمع مياه الامطار

احدى المشاكل الرئيسية في الطريق هي مشكلة تجمع مياه الامطار بكميات كبيره في عدة مناطق على الشارع

حيث يشكل الماء خطرا كبيرا على الطريق سواء إذا سقط عليها مباشرة، أو سال عليها من الجوانب، فالماء الذي يسقط على سطح الطريق يخرب هذا السطح و يضعفه سواء كان السطح ترابيا أو حصويا أو أسفلتيا، فإذا سقط الماء على سطح الطريق فإنه قد يتغلغل ويتسرب بين الإسفلت و حبات الحصمة، ويشكل حاجز بينهما، فعند سير المركبات على هذا الطريق تصبح عملية اقتلاع الحصمة أكثر سهولة، وبتكرار هذه العملية، تغلغل للماء واقتلاع للحبيبات، يزداد الخراب ويستفحل، مما يحدث حفرا تتجمع فيها المياه في وسط الطريق.

وإذا كان سطح الطريق الأسفلتي 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. وهذه بعض الصور توضح كمية الامطار المتجمعة خلال فصل الشتاء

الشكل (3-18) تجمع مياه الامطار

الشكل (3-19) تجمع مياه الامطار

طريقة المعالجة

فالطريقة العلمية لتصريف مياه الأمطار تبدأ من قبل أن ترصف الطرقات وتعبد بأن تقام مجاري مياه تحت الأرصفة إما اليمين أو اليسار أو كليهما أو بالرصيف الوسطي فيما بين المسارين .وبعد أن ينتهي عمل تلك المجاري , يجب أن تنشأ الطرقات بشكل مائل نحو تلك المجاري كما في الأشكال التالية

الشكل(3-20) اقامة مجاري المياه تحت الأرصفة.

6-3 مشكلة الاضاءة الغير كافية على الطريق

إن عدد حوادث التصادم المميتة التي قد تقع في الليل هو ثلاثة أضعاف الحوادث التي تقع في ساعات النهار وكذلك القيادة في الليل أخطر لأن المسافة التي يمكن أن يراها السائق أمامه أقل بكثير.

طريقة المعالجة

تكثيف الاضاءة على الطريق لمساعدة السائقين على الرؤية بوضوح أثناء القيادة ليلا للتقليل من نسبة الحوادث وتوفير الأمن والسلامة للمشاة, ولا بد من مراعاة الشروط التالية بخصوص مواصفات الاضاءة :

- الاهتمام بمكان أعمدة الاضاءة من حيث تثبيتها على طرفي الطريق (الأرصفة) أو على الجزيرة الوسطية ان كان الطريق ذو مسارين.
- الاهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعاتها والمسافات بينها وتوزيعها على طول الطريق .
- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة بحيث أن لا تكون مصنوعة من مواد سريعة التلف أو مواد تتأثر بالعوامل البيئية والجوية .
- دراسة مدى قدرة الطريق على عكس الاضاءة .

4

الفصل الرابع

التصميم الهندسي للطريق

1-4 مقدمه.

2-4 أسس عمليه التصميم .

1-2-4 حجم المرور .

2-2-4 تركيب المرور .

3-2-4 السرعة التصميمية.

4-2-4 قطاع الطريق .

5-2-4 عرض الحارة .

6-2-4 الأرصفة .

7-2-4 الميول العرضية .

8-2-4 الميول الطولية .

9-2-4 الجزر الفاصلة بين الاتجاهين .

10-2-4 الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشاديه .

11-2-4 الجدر الاستناديه .

3-4 العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق.

4-4 التخطيط الأفقي للطريق.

1-4-4 المنحنيات الأفقية.

1-1-4-4 المنحنيات الدائرية البسيطة.

2-1-4-4 المنحنيات الانتقالية.

3-1-4-4 القوة الطاردة المركزية.

2-4-4 ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية).

1-2-4-4 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.

2-2-4-4 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق.

5-4 التخطيط الراسي للطريق.

1-5-4 أنواع المنحنيات الراسية.

2-5-4 عناصر المنحنى الراسي.

3-5-4 الميول الراسية العظمى.

4-5-4 طول المنحنى الرأسي .

التصميم الهندسي للطريق

1-4 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:

1. التصميم الأفقي (Horizontal Alignment).
2. التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment)
3. التصميم العرضي للطريق حيث يتم في هذه المرحلة من التصميم تحديد شكل مقطع الطريق وميولها الجانبية وكذلك بيان سطح الطريق وعرضه.

2-4 أسس عملية التصميم

تتوقف أسس التصميم على عوامل كثيرة منها:-

1-2-4 حجم المرور Traffic volume

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

2-2-4 تركيب المرور (Character of Traffic)

يتم معرفة تركيب المرور بتحديد نسبة عربات النقل والحافلات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

3-2-4 السرعة التصميمية (Design speed)

هي السرعة التي نصمم على أساسها ، بالإضافة إلى تركيب المرور وحجم المرور الساعي.

جدول (4-1) : السرعة حسب تصنيف الطريق

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

120	90	طـــريق سريع(Expressway)

4-2-4 قطاع الطريق

إن الاستفادة من الطريق تتوقف على تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق, فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من السيارات وبسرعة عالية يتطلب عدد كبير من حارات المرور ومنحنيات ذات أنصاف قطار كبيرة نسبيا وانحدارات طولية صغيرة لذلك يجب الاهتمام بأرصفة الطرق المتسعة وعمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور.. وقد تم اختيار قطاع الطريق لهذا المشروع 20 م. (1)

5-2-4 عرض الحارة (lane width)

يلعب عرض الحارة دورا مهما في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض المسرب عن ثلاثة أمتار ويفضل أن يؤخذ 3.5 أو 3.6 مترا, وفي الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض المسرب 3.75 مترا وذلك بسبب السرعة العالية في هذا النوع من الطرق. وقد تم اختيار عرض الحارة في هذا الشارع 3.5 متر.

6-2-4 الأرصفة (Sidewalks)

تعتبر أرصفة المشاة جزءاً مكملاً لتصميم الطرق الحضرية، ولكن قلّما 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 1.5متر ويعمل من مواد تعطي مسطحاً ناعماً ومستوياً سليماً،ونقطة مهمة هنا يجب الإشارة إليها 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، وقد تم اختيار الارصفة في هذا المشروع 2 متر.

7-2-4 الميول العرضية

إن الميول العرضية يتم عملها للطريق من اجل تصريف المياه المتواجدة على سطح الطريق، حيث يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق و قد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ ، و في حالة وجود جزر وسطى فإن كل اتجاه يعمل بميل خاص كما لو كان من حارتين منفصلتين، وتبلغ قيمة الميول العرضية 2% .

8-2-4 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 .

9-2-4 الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (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، وتم اختيار عرض الجزيرة في هذا الشارع 2 متر .(1)

10-2-4 الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشادية (Guardrails and Guide Posts)

حيث تستخدم مثل هذه الحواجز والأعمدة في المناطق الخطرة التي يخشى فيها أن تخرج المركبات عن مسارها.

11-2-4 الجدر الاستنادية

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

3-4 العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق

1. 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.

2. حجم المرور:

هو عبارة عن عدد المركبات التي تمر من خلال نقطة معينة خلال فتره زمنية معينة, سواء في الاتجاه الواحد أو الاتجاهين، ويجب 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.

3. التصميم الهندسي للطريق

من الأمور التي تتحكم في اختيار التصميم النهائي للمسار أسس التصميم الهندسي مثل الانحدارات وأنصاف أقطار المنحنيات ومسافة الرؤية.

4. 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.

4-4 التخطيط الأفقي للطريق.

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 ونقاط المضلع وكذلك تحديد اتجاه الطريق بالنسبة للشمال.

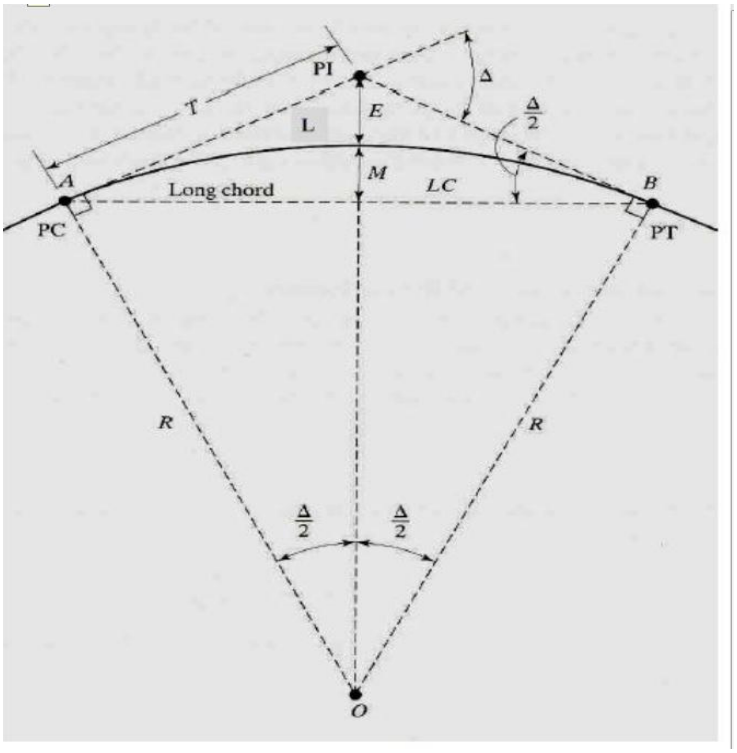
1-4-4 المنحنيات الأفقية

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 وسيتم في المشروع استخدام المنحنيات الأفقية الدائرية .

4-4-1-1المنحنيات الدائرية البسيطة (Simple Circular Curves)

عناصر المنحنى الدائري البسيط:-

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



الشكل (4-1) منحنى دائري بسيط

القوانين والعلاقات التي تربط عناصر المنحنى الدائري البسيط :

١. نصف قطر المنحنى	Radius of curve (R)
٢. زاوية الانحراف الكلية الزاوية المركزية للمنحنى	Deflection angle Δ
٣. طول المماس	Tangential length (T)
٤. طول المنحنى	Length of Curve (L)
٥. طول الوتر	Chord Length (LC)
٦. المسافة الوسطية	Middle Ordinate (M)
٧. المسافة الخارجية	External Distance (E)
٨. نقطة التقوس أو نقطة بداية المنحنى	Point of Curvature (PC)
٩. نقطة التقاطع	Point of intersection (PI)
١٠.نقطة التماس أو نقطة نهاية المنحنى	Point of tangency (PT)
١١.درجة التقوس	Degree of Curvature (D)

$$T = R \tan\frac{\Delta}{2} \dots \quad (4.1)$$

$$E = R\left(\frac{1}{\cos\frac{\Delta}{2}}\right) \dots \quad (4.2)$$

$$M = R\left(1-\cos\frac{\Delta}{2}\right) \dots \quad (4.3)$$

$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \dots \quad (4.4)$$

$$L = \frac{\Delta}{180}\pi R \dots \quad (4.5)$$

$$D = \frac{1718.873}{R} \dots \quad (4.6)$$

Position	R-Normal	R-Min
Garage Entrance	6.0	5.0
Local Streets	6.0	6.0
Collecting Roads	8.0	6.0
Major Roads (Urban)	10.0	8.00
Major Roads(Rural)	20.0	10.0

جدول (4-2) أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق

وبالنسبة إلى تصميم المنحنيات على التقاطعات فإن الجداول التالية توضح أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق و للسرعة على المنعطف .

\

سرعة الدوران (كم / ساعة)	25	32	40	48	55	65
معامل الاحتكاك	0.32	0.27	0.23	0.20	0.18	0.17
ميلان سطح الطريق	0.01	0.02	0.04	0.06	0.08	0.09
نصف القطر المستعمل(متر)	15	30	50	75	100	140

الجدول (4-3) الحد الأدنى لنصف القطر على المنحنى

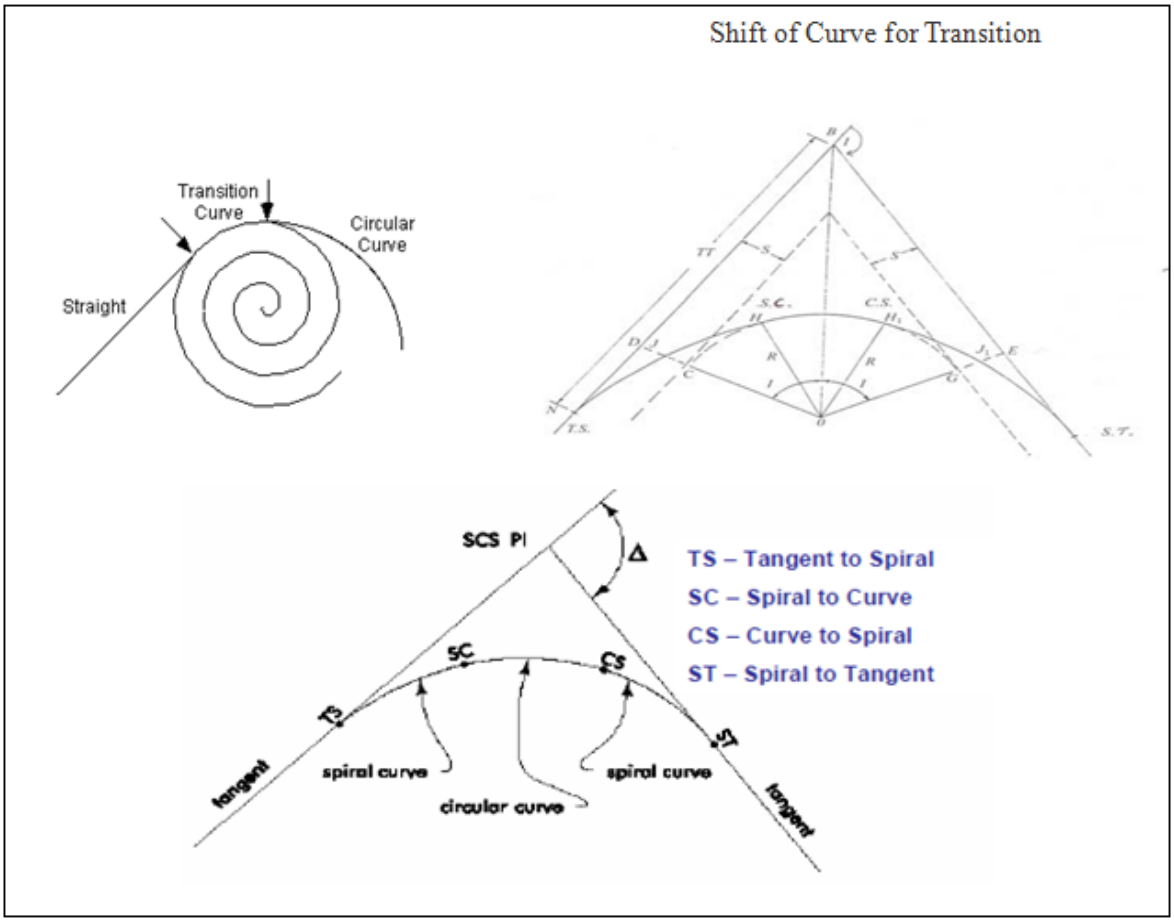
2-1-4-4 المنحنيات الانتقالية (Transition Curves)

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

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = 0.0702\ V^3 / (RXC)$$

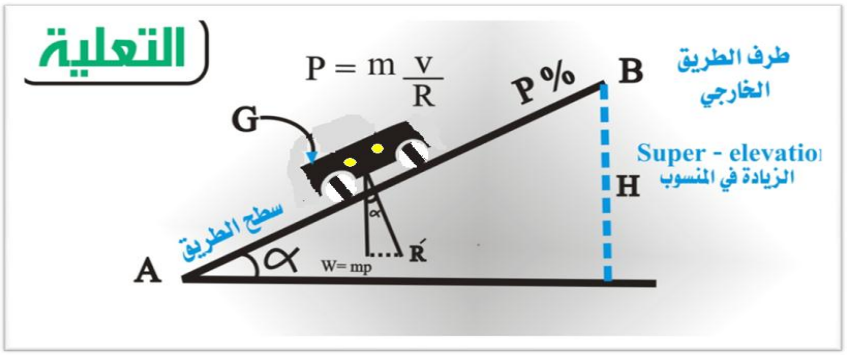
L =	أقل طول للمنحنى الانتقالي
V =	السرعة التصميمية (كم/ ساعة)
R =	نصف قطر المنحنى الدائري (م)
C =	معدل زيادة العجلة المركزية (م/ث3)



الشكل (2-4) المنحنى الانتقالي

3-1-4-4 القوة الطاردة المركزية

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر، انظر العلاقة (2-9)، 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.



الشكل(4-3) تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات

من الشكل السابق:-

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

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

$$P = \frac{wv^2}{gR} = \frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(4.7)}$$

يمكن كتابة العلاقات الرياضية التالية:-

$$\tan\alpha = P_1 = \left(\frac{mv^2}{r}\right)/(mg) = \frac{v^2}{gr} \quad \text{.....(4.8)}$$

حيث أن:-

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه

P_1 : الميل العرضي لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بالمنحنى المتدرج

α : الزاوية الراسية

4-4-2 ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية)

التعلية هي عملية جعل الحافة الخارجية للطريق أعلى من الحافة الداخلية, وذلك من اجل تفادي القوة الطاردة المركزية التي تتسبب في انزلاق المركبة وقد تؤدي إلى انقلابها.وقيمة هذا الميل العرضاني تتراوح من 4% - 7% وقد تصل إلى 9% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله.

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات التالية:-

$$e + f = \frac{(0.75 \times v)^2}{127 \times R} \quad \text{.....(4.9)}$$

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 القانون التالي:-

$$V = \sqrt{[127R(e\max + f\max)]} \quad \text{.....(4-10)}$$

4-4-2-1 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات (التوسعة على المنحنيات)

يتم زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات حيث يتم زيادة الاتساع إما على الطرف الخارجي للمنحنى أو بتوزيعه على الطرفين الداخلي و الخارجي للمنحنى.

من الأسباب التي تدفعنا لتنفيذ التوسعة على المنحنيات هي:-

1 – عند المنحنى لا تتبع العجلات الخلفية العجلات الأمامية.

2 – يزداد العرض مما يساعد على رؤية المركبة القادمة بسهولة.

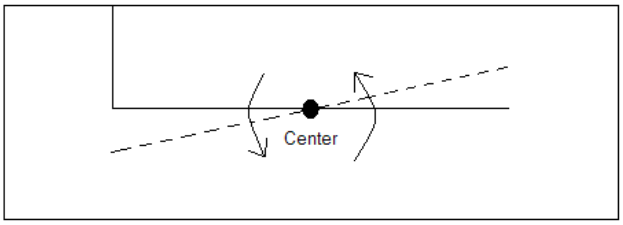
3- لا تلتصق السيارة تماما بالرصف على المنحنى.

4-4-2-2 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق (التعلية)

- **الطريقة الأولى**

يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق

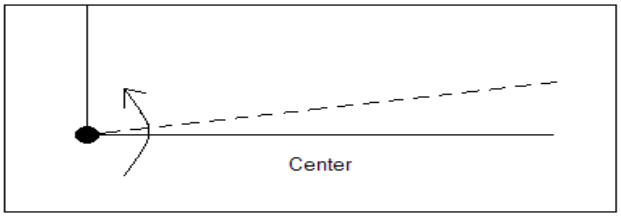
الميلان المطلوب، وعند الخروج من المنعطف يعود السطح بالدوران حول المحور حتى يعود سطح الطريق مائلا بالاتجاهين المتعاكسين بنسبة 2% .



شكل (4-4) الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الأولى

- **الطريقة الثانية:-**

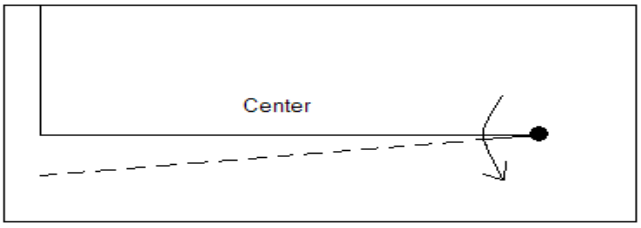
يرتفع الجانب الخارجي للطريق (ظهر المنعطف)، ويبقى الجانب الثاني ثابتا حتى يصبح كامل سطح الطريق على استقامة واحدة بميل 2%، عند ذلك يدور كامل سطح الطريق حول حافة الطريق الداخلية و(ليس حول محور)، بحيث أن كامل سطح الطريق يرتفع بدلا من ارتفاع نصفه حتى يصل السطح إلى الميلان المطلوب.



شكل (4-5) الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثانية

- **الطريقة الثالثة:-**

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



شكل (4-6) الطرق المتبعة في التعلية - الطريقة الثالثة

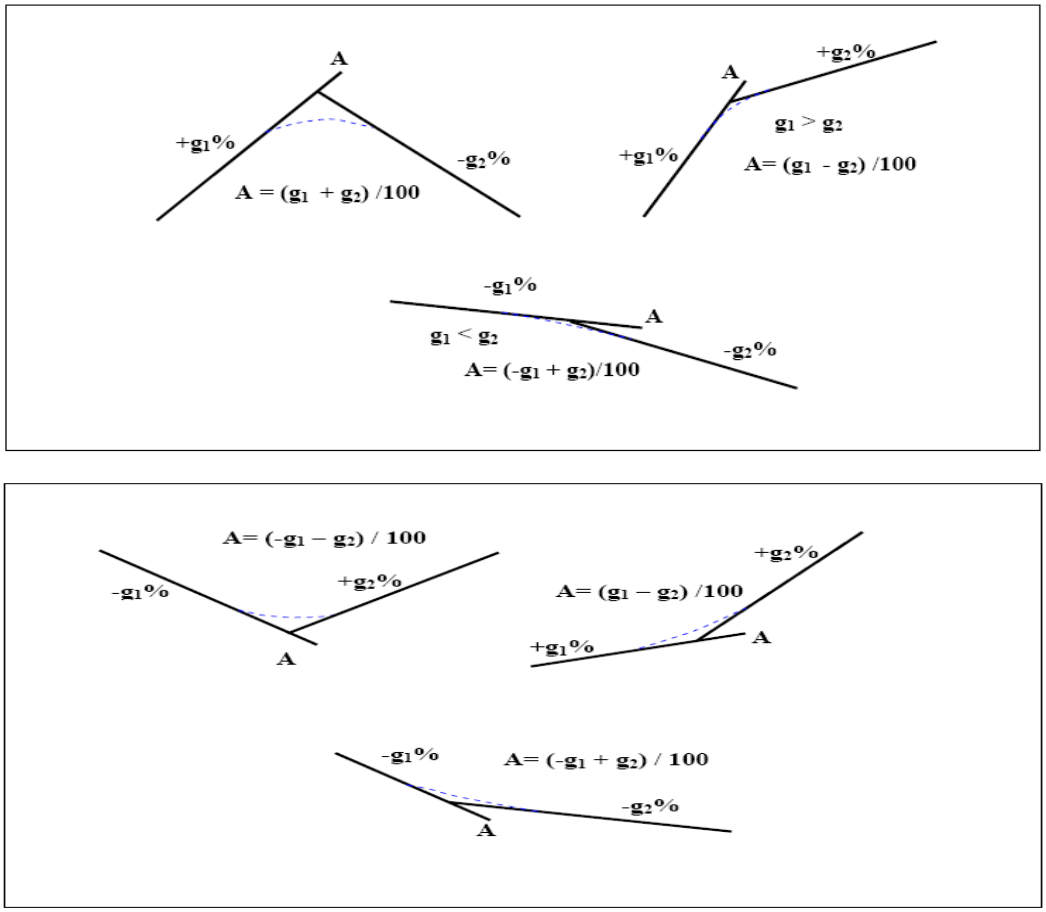
5-4 التخطيط الراسي للطريق (Vertical Alignment)

إن عملية الانتقال من اتجاه إلى اتجاه آخر في المستوى الرأسي تتم من خلال عمل منحنيات رأسية تسهل هذه العملية, وهو يتمثل في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية وتحديد الانحدار الجديد للطريق، حيث يتم بيان الطريق بالمستوى الرأسي ونشاهد كيف ترتفع وتهبط ونحدد مناطق الحفر والردم، وكذلك من التصميم الرأسي للطريق يتم تحديد المنحنيات الرأسية و مسافات الرؤية حيث انه يجب أن تتوافر المواصفات التالية في هذه المنحنيات:

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

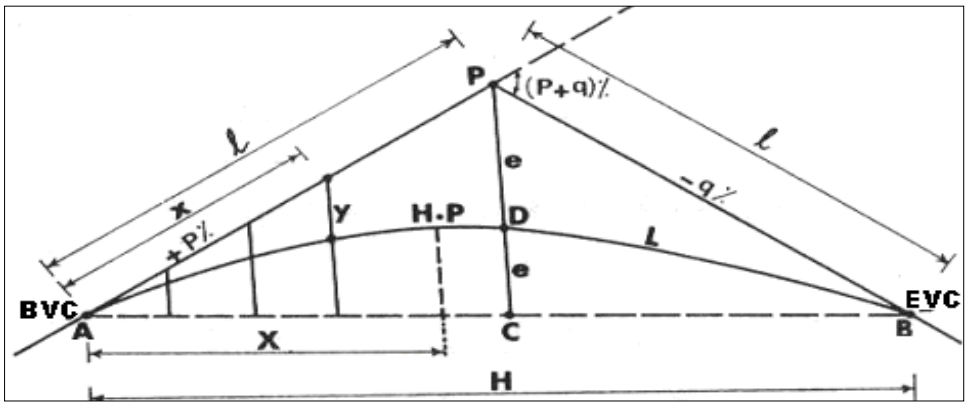
1-5-4 أنواع المنحنيات الرأسية

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



الشكل (4-7) فرق الميل أو زاوية الميل

4-5-2عناصر المنحنى الرأسي



الشكل (4-8) عناصر المنحنى الراسي

ومن الشكل السابق فان عناصر المنحنى الرأسي هي كالتالي:

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

4-5-3 الميول الرأسية العظمى

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

1- السرعة التصميمية (Design Speed).

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

3- طول الجزء الخاضع للميل الرأسي.

4-5-4 طول المنحنى الرأسي

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

أ-راحة المسافرين (comfort of passenger):

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية على أساس توفير راحة المسافرين, حيث يحدد الطول على أساس القوة الطاردة المركزية وتساوي 0.6 م/ ث^2, وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما . (1)

ب- مسافة الرؤية (Sight Distance):-

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

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

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

تعرف مسافة الرؤية التصميمية للتوقف الآمن بمقدار الحد الأدنى للمسافة الضرورية لتوقف مركبة تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم دون أن تصطدم بعائق يعترض خط سيرها (التوقف الآمن).

5

الفصل الخامس

التصميم الانشائي للطريق

1-5 مقدمة

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

1.2.5 طبقة التربة الأصلية (Sub Grade)

2.2.5 طبقة ما تحت الأساس (Sub Base)

3.2.5 طبقة الأساس (Base Course)

4.2.5 الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course)

3-5 الرصف

1-3-5 مقدمة

2-3-5 أنواع الرصف المختلفة

3-3-5 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO

4-5 الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق

1-4-5 اختبارات الدمك المعملية

2-4-5 اختبار بروكتور (Proctor Test)

3-4-5 فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test)

4-4-5 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) California Bearing Ratio Test

5-5 تصميم الرصفة المرنة

1-5-5 حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.(ESAL)

1-1-5-5 الحمل المكافئ لمحور مفرد

2-1-5-5 معامل حمل المحور المكافئ

2-5-5 حساب سماكة طبقات الرصف

1-2-5-5 معامل الرجوعية (Mr)

2-2-5-5 الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة

3-2-5-5 الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation)

4-2-5-5 الرقم الإنشائي (SN)

5-2-5-5 موثوقية تصميم الرصفة المرنة

الفصل الخامس

التصميم الإنشائي للطريق

1-5 مقدمة :-

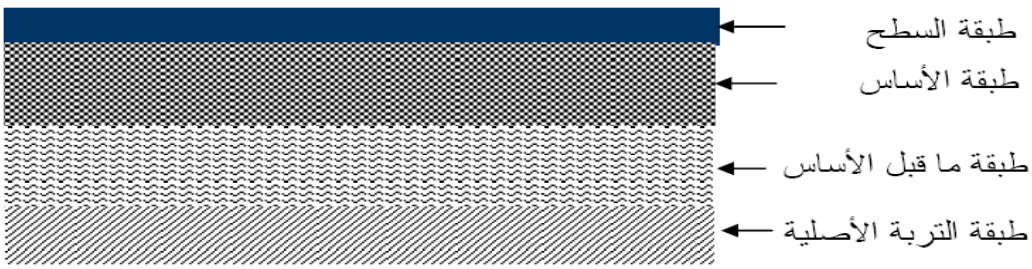
تحتوي جميع مشروعات الطرق على مقادير كبيرة من الأعمال الترابية التي تتعلق بعمليات الحفر والردم لإنشاء الجسور و القطوع وأعمال التسوية وإعداد تربة الأساس التي ترتكز عليها طبقات الرصف المختلفة. بالإضافة إلى أكتاف وجوانب الطريق التي عادة ما تتكون من مواد التربة. وتعد التربة الدعامة الإنشائية التي ترتكز عليها طبقات الرصف والقاعدة التي تقاوم أحمال المرور بمختلف أنواعها. ويتم بناء هيكل الطريق عموما من فتات الصخور المختلفة ومن تربة الردم بجميع أنواعها وتركيباتها. ففي قطاعات الردم مثلا تنشأ التربة الحاملة لطبقات الرصف المختلفة من مواد الردم المنقولة من قطاعات الحفر المجاورة لمسار الطريق أو من حفر استعارة وفي قطاع الحفر تكون التربة الحاملة لطبقات الرصف هي التربة الأصلية.

إن التربة هي أكثر المواد أهمية في إنشاء الطرق ويتطلب ذلك المعرفة الجيدة بالمسائل المتعلقة بها وفهم خصائصها وسلوكها. وإن أهم الخواص التي يراد تحديدها للتربة هي مقاومتها للإجهاد وخواصها للانضغاط وتأثيرها للرطوبة للتأكد من صلاحية الأرض للحفر والردم وشق الطريق بالإضافة إلى صلاحية المواد الموجودة لإنشاء الجسم الترابي للطريق.

إن عملية التصميم الإنشائي للطريق تهدف إلى إيجاد وتحديد مقدار السماكات لطبقات الرصف المختلفة ومعرفة مواصفاتها ومكوناتها لتتمكن من تحمل الأحمال المحورية للمركبات التي تسير على الطريق.

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

يتكون هيكل الطريق من عدة طبقات يختلف سمكها باختلاف حجم المرور ونوع الرصف سواء كان صلبا ام مرنا. ويتكون الرصف عموما من عدة طبقات متسلسلة كما هو موضح بالشكل (5-1) من حيث المقاومة من أعلى إلى أسفل وتسمى الطبقة العليا بالسطح وهي الأقوى والأمتن وتليها طبقة الأساس ثم طبقة ما تحت الأساس الموضوعة مباشرة على التربة الأصلية. وتقوم كل طبقة بحمل الثقل ونقله إلى الطبقة التي أسفل منها.



الشكل **(1-5)** : طبقات الرصفة المرنة

1.2.5 طبقة التربة الأصلية (Sub Grade) :-

وهي طبقة الأرض الطبيعية التي يتم وضع طبقات الرصف عليها بعد تمهيدها وتسويتها. وتعتبر التربة الأصلية الأساس الحقيقي لجسم الطريق حيث أنها القاعدة الأساسية التي ترتكز عليها جميع طبقات الرصف.

2.2.5 طبقة ما تحت الأساس (Sub Base) :-

وهي الطبقة التي توضع بين الأساس والتربة الأصلية وتتكون من مواد ذات خواص ومواصفات أقل جودة من مواد الأساس وأعلى جودة من التربة الأصلية. وتساعد هذه الطبقة على تقوية التربة الأصلية وعلى نقل الأحمال إليها وكذلك على حماية طبقة الأساس من تدفق المياه الجوفية إليها.

3.2.5 طبقة الأساس (Base Course) :-

وهي الطبقة التي يرتكز عليها سطح الطريق وتتولى بشكل رئيسي نقل وتوزيع الأحمال الناتجة عن المرور إلى الطبقات السفلة. كما أنها تساعد على حماية سطح الطريق من الخراب الناتج عن انتفاخ وهبوط التربة الأصلية وعن تسرب المياه الجوفية. وتعتد قوة تحمله على زيادة الترابط والاحتكاك بين حبيباتها.

4.2.5 الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course) :

وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (Prime Coat) .

3-5 الرصف :-

1-3-5 مقدمة:-

يتم تحضير السطح الترابي للطريق وتحسين خواص التربة الطبيعية بدمكها دمكا جيدا لأقصى كثافة عند كمية الماء المثالية أو تثبيتها بإضافة مواد مثبتة إذا تطلب الأمر ذلك لتقويتها وجعلها منتظمة. وبعد تحضير سطح الطريق لترابي توضع طبقة أو طبقات فوق هذا السطح تعرف بالرصف. ويكمن الغرض من وضع طبقات الرصف في تحمل كل الإجهادات الناتجة من حركة المرور ونقلها إلى طبقة التربة التي تعتبر الأساس الحقيقي للطريق. وتصميم طبقات الرصف بحيث تكون قادرة على تحمل ثقل العربات وتوصيل الثقل إلى السطح الترابي بشكل لا يسبب أي هبوط أو انهيار للطريق.

2-3-5 أنواع الرصف المختلفة :-

ينقسم الرصف إلى نوعان رئيسين هما :

- الرصف المرن (Flexible Pavement) .
- الرصف الصلب (Rigid Pavement) .

1- الرصف المرن :-

يعد هذا النوع من الرصف الأكثر استخداما ويطلق عليها أيضا الرصف الإسفلتي . حيث يتكون جسم الطريق من عدة طبقات توضع على سطح الأرض الطبيعية الواحدة فوق الأخرى و هي طبقة تحت الأساس وطبقة الأساس والطبقة السطحية.

ويتميز الرصف المرن بمقاومة قليلة نسبيا ضد الانحناء لهبوط أو لتغيير في شكل التربة الأصلية أو في طبقة الأساس التي يصاحبها تغيرا مماثلا في طبقة الرصف.

وتتلخص عملية إنشاء الرصف المرن في تحضير الأرضية ثم وضع الطبقات وفرشها ودمكها ورش الإسفلت التأسيسي ووضع الخلطة الإسفلتية ودمكها.

2- الرصف الصلب :-

يطلق عليه أيضا الرصف الخرساني حيث يتكون من بلاطات خرسانية تتراوح سمكها ما بين 15 و 20 سم تصب مباشرة على سطح الأرض الطبيعية أو فوق طبقة أساس حصوية ويمتاز الرصف الصلب بمقاومته الكبيرة للانحناء حيث لا يسمح بهبوط السطح الترابي.

كذلك إن الرصف الصلب هو المناسب للتربة الضعيفة لأنه أقدر على تحمل الإجهادات العالية في حين يعتبر الرصف المرن مناسبا للتربة القوية نوعا ما. كما أن عمر الرصف الصلب أكبر من عمر الرصف المرن ولذلك فهو يستعمل بكثرة عند الأحمال الثقيلة مثل المطارات والطرق الهامة ومقاطع الأودية.

3-3-5 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO :-

1- حجم ونوع المرور (Traffic Volume).

2- خصائص التربة والمواد المستخدمة في إنشاء طبقات التربة.

3- عوامل أخرى مثل الأمطار والرياح وغيرها.

4-5 الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق:-

تشمل الفحوصات عدة اختبارات تجرى على مواد طبقات الرصف، ويتم من خلال هذه الاختبارات حساب المحتوى المائي، اختبار الدمك، نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR). وكذلك إجراء تجارب على الإسفلت واختبارات الخلطة الإسفلتية واختبارات تصميم الخلطة الخرسانية.

1-4-5 اختبارات الدمك المعملية :-

الدمك هو عملية طرد الهواء من فراغات التربة باستخدام وسائل ميكانيكية مختلفة ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وقدرة تحملها للإجهاد ونقص في نسبة هبوطها. ويعد الدمك من أهم العمليات التي تستخدم في مجال الطرق لتثبيت تربة الأساس . وهناك العديد من الاختبارات المعملية التي تعتمد على طريقة ونوع الدمك وتهدف في مجملها إلى إيجاد قياس يكون أساسا لعملية الدمك في الموقع. ومن أهم الاختبارات الدمك المعملية :

2-4-5 اختبار بروكتور (Proctor Test) :-

مع زيادة حجم المرور وكبر حمولة العربات تبين أن الكثافة الجافة للتربة عن طريق اختبار بروكتور القياسية لا تعطي المقاومة الكافية لتحمل تلك الأثقال العالية.

ويقوم مبدأ التجربة على أساس دمك التربة باستخدام اسطوانة معدنية (قالب بروكتور) حيث تدمك التربة على خمس طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب محسوبة حيث تدمك كل طبقة بمطرقة خاصة تابعة لقالب بروكتور وزنه 4.45 كغم تسقط من ارتفاع قدم واحد (30.5 سم).ويكون عدد الضربات 55 ضربة.

3.4.5 فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test)

1- المواد اللازمة (Equipment):

1- قالب بروكتور المعدل مع الغطاء المتحرك.
2- مطرقة بروكتور المعدلة والتي يساوي وزنها (4.54)كغم .
3- وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء ومسطرة.
4- منخل رقم4" و.¾"
5- جفنات صغيرة.
6- ميزان وفرن للتجفيف.

2- الطريقة (Procedure):

1. يتم تجفيف العينة في الهواء (Air drying).

2. تؤخذ عينة للفحص وزنها حوالي 5 كيلوغرامات عند استعمال القالب الصغير(4 انش) وحوالي 7 كيلو غرام عند استعمال القالب الكبير (6 انش). وتكون العينة من المواد المارة من المنخل رقم 4.

3. يتم فرش العينة في الوعاء المعدني وتضاف إليها الكمية الأولى من الماء (حوالي 1.5 – 2 بالمئة من وزن العينة)، وتخلط جيداً حتى تتجانس مع الماء.

4. يتم دمك العينة داخل القالب على 5 طبقات وبعدد من الضربات بواسطة المطرقة (56 ضربة)

5. بعد الدمك يتم نزع غطاء (حلقة) القالب الأسطواني وتسوية سطح التربة في القالب، ويتم توزين القالب والتربة بداخله.

6 . يتم تفريغ القالب من التربة و تؤخذ عينة فوراً لقياس محتوى الرطوبة فيها

7. يعاد خلط العينة بكمية إضافية من الماء (مساوية للكمية التي تمت إضافتها في المرة الأولى)، ويجري دمكها ثانية، وتعاد الخطوات 5 و 6 .

8. يتم تكرار العملية مع زيادة الرطوبة في كل مرة حتى يُلاحظ أن وزن القالب والتربة بداخله قد أخذ بالنقصان (بسبب حلول الماء مكان حبيبات التربة بعد أن تكون التربة قد وصلت لدرجة قصوى من الدمك لم يعد معها مكان للماء في نسيج التربة).

- **الحسابات والنتائج :-**

تم استخدام القوانين التالية في عملية الحسابات :

نسبة الرطوبة = وزن الماء / وزن العنية جافة .

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

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

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

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

ترسم العلاقة البيانية بين نسبة الماء والكثافة الجافة بناء على النتائج , ومنه تؤخذ الكثافة العظمى ونسبة الماء المثالية .

حجم القالب = 2124 سم ^{3} وهو ثابت لجميع العينات .

وكانت نتائج التي ظهرت من إجراء تجربة بروكتور كما هي موضحة بالجداول التالية :

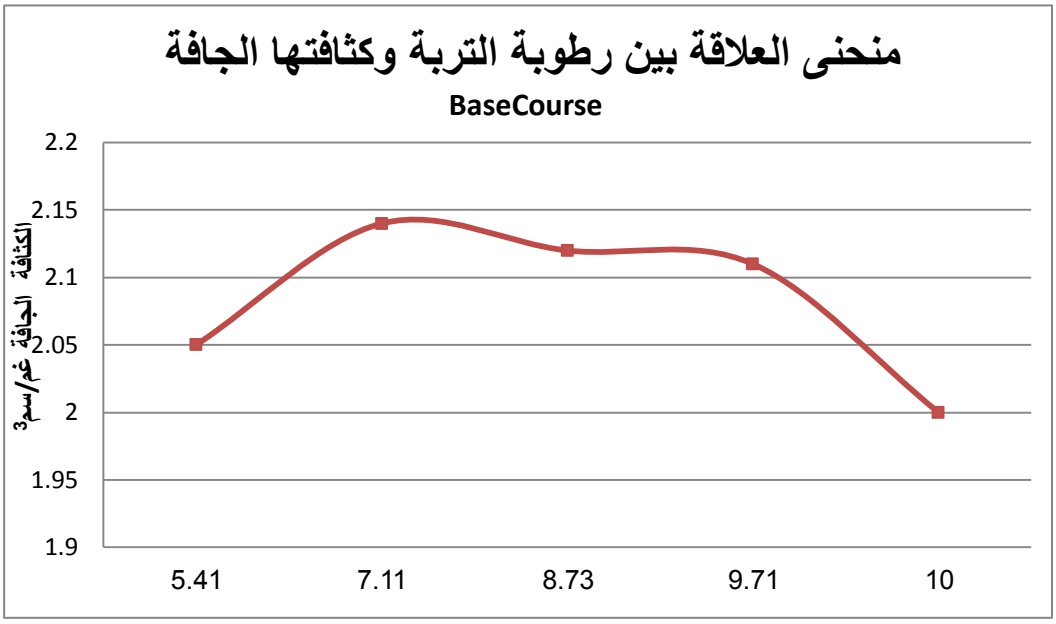
وزن العينة + القالب (غم)	وزن العينة (غم)	حجم القالب(سم ^{3})	الكثافة الرطبة (غم/سم^3)
9855	4755.4	2124	2.23
9979.6	4880	2124	2.297
10090.2	4991	2124	2.349
10020.4	4920.8	2124	2.316
10000.4	4900.8	2124	2.30

جدول (5-1) الكثافة الرطبة لعينة Base course.

رقم العينة	رقم الجفنة	وزن الجفنة فارغة (غم)	وزن الجفنة +التربة الرطبة (غم)	وزن الجفنة +التربة الجافة (غم)	وزن الماء (غم)	الكثافة الرطبة (γ_w غم/سم^3)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة w_c	الكثافة الجافة (γ_d غم/سم3)
1	B7	31.2	260.9	249.1	11.8	2.23	217.9	5.41	2.11
2	B9	31.2	250.9	236.3	14.6	2.297	205.1	7.11	2.14
3	C18	30.8	233.8	217.5	16.3	2.349	186.7	8.73	2.12
4	E11	31.8	334.6	307.8	26.8	2.316	276.0	9.71	2.11
5	E-13	30.77	337.1	309.1	28.0	2.30	278.33	10.00	2.00

جدول (2-5) الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة Base course

تكمن أهمية الشكل التالي في أنه يتم رسم العلاقة بين نسبة الرطوبة وبين الكثافة الجافة لمعرفة نسبة الماء المثالية هذه النسبة يتم إضافتها إلى عينة أخرى من التربة ومن أجل عمل فحص كاليفورنيا لتحمل التربة.



شكل (2-5) – منحنى العلاقة بين رطوبة التربة وكثافتها الجافة .

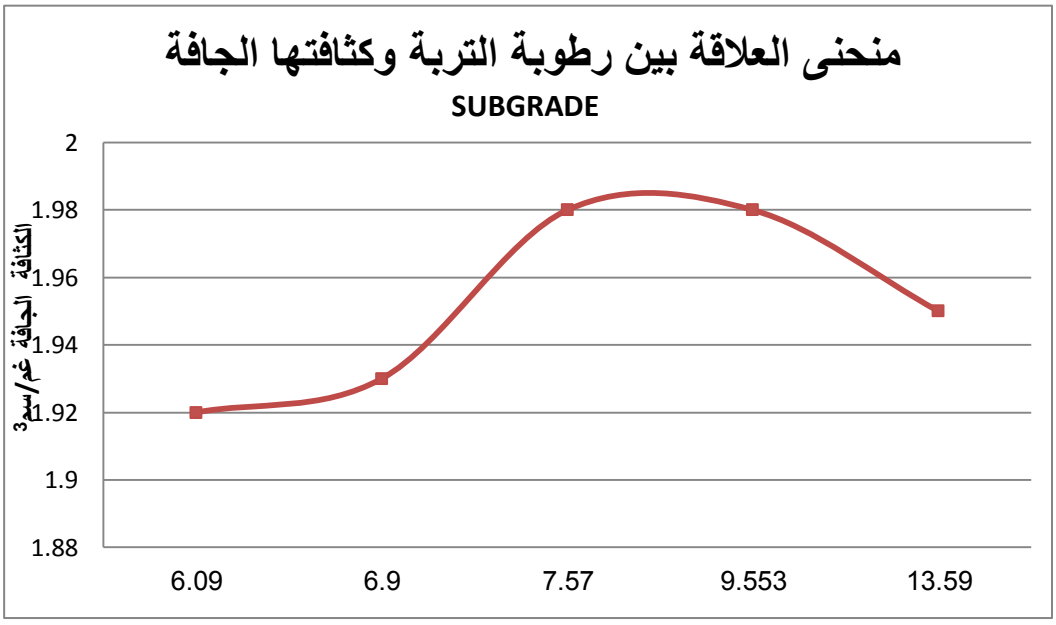
نسبة الماء المثالية = 7.5 % , أعلى نسبة كثافة = 2.14 غم \سم3

وزن العينة والقالب	وزن العينة(غم)	حجـــــــــم القالب(سم ³)	الكثافة الرطبة(غم/سم^3)
9858	4732	2124	2.22
9740	4614	2124	2.17
9598	4472	2124	2.10
9530	4404	2124	2.07
9490	4364	2124	2.05

الجدول **(5-3)** الكثافة الرطبة لعينة sub grade.

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^3)	وزن التربة الجافة (غم)	نسبة الرطوبة w_c	الكثافة الجافة (غم/سم3) γ_d
1	B9	31	289.1	254.5	34.6	2.22	223.5	13.59	1.95
2	E11	32.4	243.1	221.9	21.2	2.17	189.5	9.553	1.98
3	C18	31.2	241.5	224.5	17.00	2.10	193.3	7.57	1.98
4	D-13	31.78	235.4	225.0	13.4	2.07	193.22	6.9	1.93
5	E-13	30.77	230.0	217.5	12.5	2.05	185.13	6.09	1.92

الجدول **(5-4)** الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة sub-grade.



شكل **(5-3)** منحنى العلاقة ما بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة لعينة sub-grade

نسبة الماء المثالية =9%. , أعلى كثافة جافة = 1.99 غم \سم3

4-4-5 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا California Bearing Ratio Test (CBR) :-

يعتبر فحص نسبة تحمل كاليفورنيا واحداً من الفحوصات الهامة التي تجري للتربة في هندسة الطرق.

ويرمي هذا الفحص إلى معرفة قابلية التربة لأن تكون طبقة أساس للطريق (Base) أو أساس مساعد (Sub-base) أو غيرها من الطبقات التي تتكون منها أي طريق.

وقد جاءت تسمية هذا الفحص نسبة إلى قسم الطرق في ولاية كاليفورنيا الأمريكية (California Division of highways)، الذي كان أول من أطلق هذا الفحص سنة 1929.

ويمكن تلخيص مبدأ هذا الفحص كما يلي:

يتم غرز أداة قياسية أسطوانية الشكل (مكبس) في التربة وبسرعة محددة، ومن خلال العلاقة بين قوة الغرز أو مقاومة الغرز وقيمة الغرز (المسافة) (Load-Penetration relationship) يمكن إيجاد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).

وتعّرف قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR-value) بأنها النسبة بين الأحمال اللازمة لغرز المكبس الأسطواني (مساحته 3 انش مربع) مسافة معينة داخل عينة مدموكة من التربة لها رطوبة وكثافة معينتين، وبين الأحمال القياسية اللازمة لغرز المكبس لنفس العمق في عينة قياسية من الأحجار المكسرة (Crushed stone)، أي أن:

$$\text{نسبة تحمل كاليفورنيا} = \frac{\text{الحمل الذي لزم لإحداث قيمة الغرز}}{\text{الحمل القياسي لإحداث هذا الغرز في عينة من مادة قياسية}} \times 100\%$$

وبما أن قيمة تحمل كاليفورنيا تلزم للتربة المدموكة، فإن الفحص في المختبر يجري على عينة التربة بعد إيصالها إلى نسبة الدمك المطلوبة، أي عندما تكون لها كثافة مشابهة لكثافة التربة المطلوبة بعد دمكها، وكذلك، عند نفس محتوى الرطوبة (محتوى الرطوبة المثالي). ولهذا، فإن فحص الدمك لعينة معينة من التربة يسبق فحص نسبة تحمل كاليفورنيا لها، لأنه يعطي محتوى الرطوبة المثالي(Optimum moisture content) والكثافة الجافة القصوى(Maximum dry density) للتربة.

ويوضح الجدول التالي بعض قيم نسبة تحمل كاليفورنيا بناء على النظام الموحد (USC) ونظام الآشتو (AASHTO):

نسبـــــــــــة التحمل(CBR)	تصنيف المواد	مجال الاستخدام	النظام الموحدUSC	نظام الآشتوAASHTO
0-3	ضعيفة جدا	القاعدة الترابيه	OH,CH,MH,OL	A5 ,A6,A7
3-7	ضعيفة	القاعدة الترابية	OH,CH,MH,OL	A4 , A5 A6,A7
7-20	مقبولة	تحت الاساس	OH,CH,MH,OL	A2 , A4 A6,A7
20-50	جيدة	أساس و تحت الأساس	GC,SW,GM SM ,SP,GP	A1b , A2 – 5, A3,A2-6
أكبر من 50	ممتازة	أساس	GW ,GM	A1a A2-4,A3

جدول رقم **(5-5)** بعض قيم نسبة التحمل (CBR).

والجدول التالي يبين 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

جدول **(5-6)** المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن .

وتستخدم القيم القياسية الموضحة في الجدول التالي لحساب نسبة التحمل:

وحدة الوزن القياسية (ميجا باسكال)	مقدار الاختراق (ملم)
6.9	2.5
10.3	5.00
13.00	7.5
16.00	10
18.00	12.7

جدول**(5-7)** حساب نسبة التحمل (CBR).

1- الادوات اللازمة (Equipment):

أ- قوالب سي بي آر (CBR moulds).
ب- قرص معدني مُباعد (Spacer disc) قطره أصغر قليلاً من قطر القالب. وفي حالة استعمال القوالب ذات القطر 7 انش، يكون القرص المباعد ذا ارتفاع 2.416 انش للحصول على عينة داخل القالب ارتفاعها 4.584 انش.
ت- مطرقة (hammer) لدمك التربة.
ث- أوزان مؤلفة من حلقات معدنية مثقوبة من الوسط مجموع أوزانها حوالي 4.54 كيلو غراماً، وحلقات مثقوبة من الوسط ومفتوحة من الجانب وزن كل واحدة حوالي 2.27 كيلوغراماً.

ج- عمود أو مكبس اختراق (Penetration piston) قطره 49.63 ملمتراً وطوله 101.6 ملمتراً على الأقل (مساحة مقطع المكبس= 1935 ملمتراً مربعاً).
ح- هيكل تحميل (Loading frame) خاص بقدرة لا تقل عن 44.5 كيلو نيوتن، وله رأس متحرك أو قاعدة متحركة بسرعة منتظمة مقدارها 1.27 ملمتراً الدقيقة.
خ- فرن تجفيف (Drying oven).
د- أدوات مختلفة مثل السكاكين وورق الترشيح والموازين وغيرها.

2- طريقة العمل :-

تم عمل الاختبار بناء على الطريقة التالية:

1- نجهز حوالي 5 كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم 4 ونخلطها جيدا" مع كمية الماء المناسبة تبعا" للمحتوى المائي المطلوب.

2- نأخذ عينات من التربة لتحديد المحتوى المائي.

3- نحسب وزن القالب الاسطواني (Mold) بدون الحلقة والقاعدة.

4- نربط القاعدة والحلقة المعدنية والأسطوانة مع القالب ثم نضع ورقة الترشيح.

5- ندمك التربة حسب طريقة الدمك المعدلة التي تم إجراؤها في اختبار الدمك المعدل السابق.

6- نفصل الحلقة المعدنية عن القالب الاسطواني ثم نزل التربة الزائدة ليتساوى سطح التربة مع سطح القالب وفي حالة وجود فجوات نضيف تربة لسدها من نفس التربة.

7- نفصل القاعدة والاسطوانة ثم نحسب وزن القالب الأسطواني مع التربة ، ومنه نحدد وزن وكثافة التربة .

8- نضع ورقة ترشيح على القاعدة ثم أقلب العينة وأربط القالب مع القاعدة.

9- نضع العينة في آلة قياس الضغط ثم نضع أوزاناً لا تزيد عن 4.5كيلو جرام ونصفّر مؤشر الضغط وكذلك مؤشر الاختراق.

10- نقوم بزيادة قيمة الضغط والاختراق للعينة.

11- بعد انتهاء الاختبار نستخرج عينة التربة ثم نأخذ عينات من الثلث الأول والوسط والأخير لتحديد المحتوى المائي للتربة المدموكة.

12- نرسم منحنى الضغط (كيلو باسكال) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5 ملم و5ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة السابقة.

- **النتائج والحسابات :-**

يتم رسم المنحنى بين القوة على المكبس وقسيمة الغرس المماثلة , ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب للاختراق عند 2.5 ملم في العينة عند التجربة ويكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرس وقوة الحمل المناظر لذلك اغرس متحدبا من الاعلى , وفي لعض الحالات في بداية التجربة مقعرا الى الاعلى ثم ينعكس , وفي هذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة اعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الافقي (محور الغرس) ثم يزاح

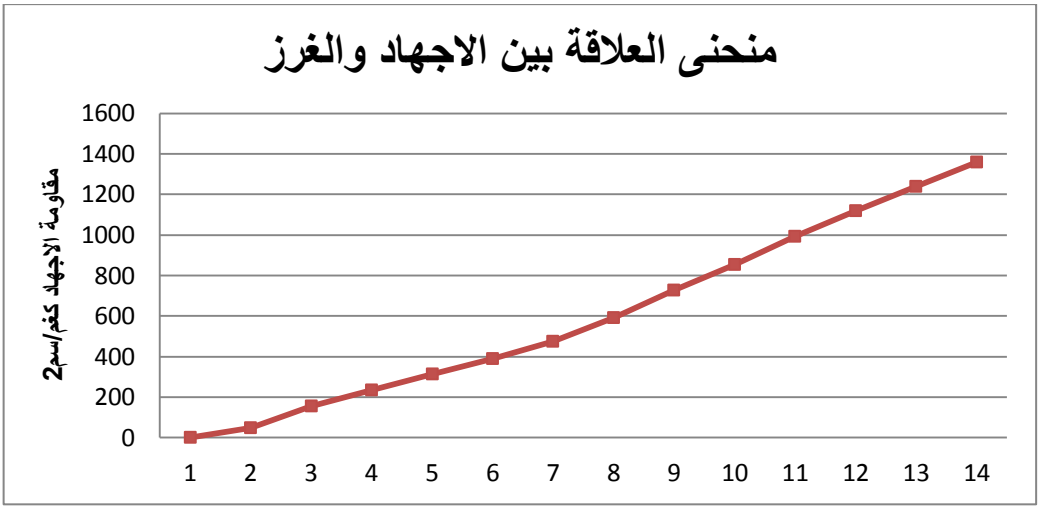
المنحنى الى اليسار , حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الاصل و وهذا يعطي المنحنى الذي يمكن اخذ قيمة ال CBR منه .

عند وضع العينة على جهاز الغرز فإن الجهاز يعطينا قيمة الغرز مع القوة بوحدة Div ولتحويلها إلى Kg فإننا نقوم بضرب قيمة الغرز بوحدة Div بثابت الجهاز وهو 2.54 وللحصول على قيمة المقاومة بوحدة سم^2 /كغم فإننا نقوم بقسمة الكتلة بالكيلو غرام على مساحة وقطع الجهاز وهي 19.40 سم^2.

وقد كانت نتائج تجربة كاليفورنيا كما هي موضحة بالجدول التالي :

الغرز (mm)	الحمل (Div)	المقاومة (كغم/سم2)	المقاومة بعد تعديل المنحنى	CBR %
0	0	0.5		
0.5	50	6.45		
1	155	20.03		
1.5	235	30.36		
2	315	40.70		
2.5	390	50.39	50.39	71.17
3	474	61.25		
4	590	76.23		
5	727	93.92	93.92	88.4
6	855	110.47		
7	993	128.29		
8	1120	144.70		
9	1240	160.21		
10	1360	175.71		

الجدول **(8-5)** العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب base coarse



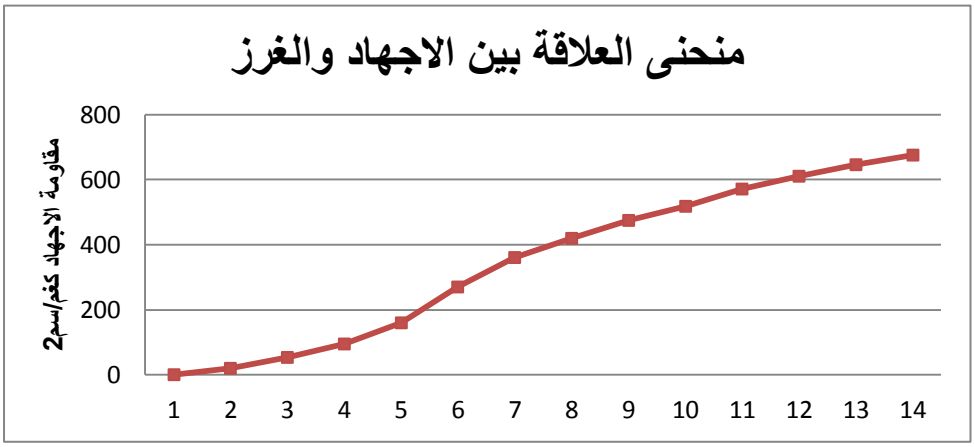
شكل **(4-5)** منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز

اعتمـادا علـى مـا لـدينا مـن نتـائج فـأن تربـة البيسـكورس حسـب جـدول (5-7) صـالحة حيـث ان الحد الادنى يجب ان يكون 80% .

أما فحص CBR لتربة الموقع فقد كانت نتائجها كما يلي :-

الغرز (mm)	الحمل	المقاومة (كغم/سم^2)	CBR
0	0	0.5	
0.5	20	2.58	
1	53	6.85	
1.5	95	12.27	
2	160	20.67	
2.5	270	34.88	49.26
3	360	46.51	
4	420	54.26	
5	475	61.37	57.78
6	518	66.93	
7	570	73.64	
8	610	78.81	
9	645	83.33	
10	675	87.21	

جدول **(5-9)** :- العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب sub grade



شكل **(5-5)** منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز

5-5 تصميم الصفة المرنة:

تم تصميم الرصفة المرنة بناء على نظام AASHTO:

(American Association of State Highway and Transportation Officials)

5-5-1 حساب قيمة Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.(ESAL)

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).

5-5-1-1الحمل 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.

5-5-1-2 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 2.5 والطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) مساويا" 2.00. بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة تتراوح قيمتها بين 4.2 إلى 4.5 تبعاً 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 0 إلى5 وتشتمل على الآتي:

Initial serviceability index (p_i)& terminal serviceability index (p_t).

P_i=4.5 للظروف الجيدة.

Pt =2.5 للطرق الرئيسية (for major highway) و 2 للطريق متدني المستوى (for lower class highway).

$$\Delta PSI = \text{pi} - \text{pt} = 4.5 - 2.5 \rightarrow 2 \quad \ldots\ldots 5.1$$

أما المحور القياسي فمقـداره 18000رطل (80000 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 التالية:

$$ESAL = f_d * G_f * AADT * 365 * N_i * f_E \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.2$$

حيث أن :

ESAL=Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.

f_d =Design lane factor

G_f= Growth factor

AADT =First year annual average daily traffic.

N_i= number of axles on each vehicle.

f_E= load equivalency factor.

- يتم الحصول على قيمة (f_d) من الجدول التالي:

عدد حارات الطريق في الاتجاهين	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية من حجم مركبات النقل الكلي
2	50%
4	45%
6 أو أكثر	40%

الجدول **(10-5)** نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية(f_d).

الطريق المراد تصميمها تحتوي على مسربين في كل اتجاه , وبالتالي فإن قيمة (f_d) تكون المقابلة للرقم 4 من الجدول السابق أي (45%).

- أما قيمة(G_f) فيتم الحصول عليها من الجدول التالي:

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

14	14.0	15.97	18.29	19.16	21.01	22.55	24.21	27.97
15	15.0	17.29	20.02	22.58	23.28	25.13	27.15	31.77
16	16.0	18.64	21.82	23.66	25.67	27.89	30.32	35.95
17	17.0	20.01	23.70	25.84	2.21	30.48	33.75	40.55
18	18.0	21.41	25.65	28.13	30.91	34.00	37.45	45.60
19	19.0	22.84	27.67	30.54	33.76	37.38	41.45	51.16
20	20.0	24.30	29.78	**33.06**	36.79	41.00	45.76	57.28
25	25.0	32.03	41.65	47.73	51.86	63.25	73.11	98.35
30	30.0	40.57	56.08	66.44	79.05	94.46	113.28	164.49
35	35.0	49.99	73.65	90.32	111.43	138.24	172.32	271.02

جدول **(11-5)** معامل النمو (G_f)

تم أخذ مدة التصميم المستقبلي 20 سنة ونسبة الزيادة المتوقعة في النمو (5%) وبالتالي فإن قيمة (G_f) تكون مساوية (30.06%).

- بعد حساب قيمة (G_f) يتم تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية ,ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات من الجدول التالي:

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	0.0003	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	0.001	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	0.003	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 **(12-5)** تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية(Load Equivalency factor)

من الجدول السابق تم الحصول على معامل الحمل المكافئ(Load equivalency factor) بناء على أن الحمل الواقع على (Passenger car) مساوي 10 Kn/axle والحمل الواقع على (two axle single unit trucks) مساوي 100Kn/axle والحمل الواقع على (three axle single unit trucks) مساوي 110 Kn/axleوبالتالي فإن قيم معامل الحمل المكافئ التي تم الحصول عليها من الجدول أعلاه كما يلي:

Load equivalency factor for Passenger car (f_E) =0.0003135

Load equivalency factor for tow axle single unit trucks (f_E) = 0.1980889

Load equivalency factor for three axle single unit trucks(f_E) = 0.29491

تم الحصول على عدد ونسبة كل نوع من أنواع المركبات وتم وضعها في الجدول التالي:

اليوم	متوسط عدد المركبات لكل ساعة					
	Passenger	%	Axel -2	%	Axel- 3	%
السبت	300	91.18	24	7.29	5	1.52
الاحد	250	86.5	32	11.07	7	2.42
الاثنين	185	87.67	20	9.47	6	2.85
الثلاثاء	200	87.71	24	10.52	4	1.76
الاربعاء	190	91.34	15	7.2	3	1.46
الخميس	290	92.3	18	5.73	6	1.97
الجمعة	150	94.3	5	3.14	4	2.56
المتوسط		90.14		7.77		2.07

جدول **(13-5)** متوسط عدد المركبات لكل ساعة

متوسط السيارات الصغيرة في الساعة=(300+250+185+200+190+290+150)/7=223.57

متوسط السيارات المتوسطة في الساعة=(24+32+20+24+15+18+5)/7=19.7

متوسط الشاحنات في الساعة=(5+7+6+4+3+6+4)/7=5

248= سيارة

- قمنا بإيجاد عدد السيارات في اليوم الواحد كما يلي:

(248*8) + (0.2*248*12) =2579 سيارة/يوم.

- حساب قيمة (ESAL) حسب المعادلة (5.3):

ESAL (passenger):

=2579*365*0.93*0.45*33.06*0.0003135*2= 8780.65.

ESAL (busses):

=2579*365*0.02*0.45*33.06*0.1980889*2= 110963.38.

ESAL (trucks):

=2579*365*0.05*0.45*33.06*0.29491*3= 619498.6.

ESAL (total) = $0.739242*10^6$

5-5-2 حساب سماكة طبقات الرصف:

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

5-5-2-1 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 حيث يتم 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

Equation 5.4..... M_r (lb/in^2) = 1500 CBR

for R of 20 or less

Equation 5.5..... M_r (lb/in^2) = 1000+ 555xR value

حيث R: معامل الموثوقية.

ومما يجب التنبيه له أن هذه العلاقة قابلة للتطبيق للتربة التي تقل نسبة تحمل كاليفورنيا عن 10٪ 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 التالي:

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)	معامل قوة الأساس (a2)	Mr رطل / بوصة 2
20	-	-
25	-	-
30	-	-
40	0.105	21000
55	0.120	25000
70	0.130	27000
100	0.140	30000

جدول رقم **(5-14)** معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr)

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

معامل المرونة رطل / بوصة2	ثبات مارشال 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

جدول**(5-15)** معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة 20C

5-5-2-2 الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة:

- الأداء الإنشائي (Structural Performance):ويتمثل بقدرة الرصفة على مقاومة الدمار الذي يمكن إن تتأثر به من حركة المرور والعوامل البيئية , بمعنى أنها تتمثل بالحالة الفيزيائية للرصفة من شقوق وهبوط.
- الأداء الوظيفي(Functional Performance):وتتمثل بان تلاءم الرصفة احتياجات مستخدمي الطريق من مقاومة الانزلاق وتوفير الأمان.

5-5-2-3 الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation):

وبعود إلى التباين في توقعات حركة المرور والاختلاف في أداء رصفه الطريق خلال فترة تجهيز التصميم ويتم الحصول عليها من الجدول التالي:

نوع الطريق	S_o
طريق مرنة(Flexible pavement)	0.4-0.5
طريق صلبة (Rigid Pavement)	0.3-0.4

جدول **(5-16)** الانحراف المعياري حسب نوع الطريق

وبما أن الطريق مرنة, تم اعتبار قيمة الانحراف المعياري مساوية (0.5).

4-2-5-5 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 a1 , a2 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:

$$SN = a1\ D1 + a2\ m2\ D2 + a3\ m3 D3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.6$$

حيث **D1,D2** هي سمك الطبقات المختلفة بينما **m2** 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 (5-14) 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 (5-15) قيم هذا المعامل المقابل لقيم مختلفة من معامل المرونة أما المعامل**m2** والذي 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 التالي:

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

جدول **(5-17)** تعريف جودة التصريف

أما قيمة(m2) فيتم تحديدها حسب ظروف التشغيل m2 كما هو مبين في الجدول التالي:

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

الجدول **(5-18)** معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi)

بالنسبة لطريق المشروع تتصرف المياه عن سطح الطريق خلال أسبوع واحد وبمستوى رطوبة (Moisture level) مساوي 30% , أي أن قيمة mi مساوية 0.8.

5-2-5-5 موثوقية تصميم الرصفة المرنة:

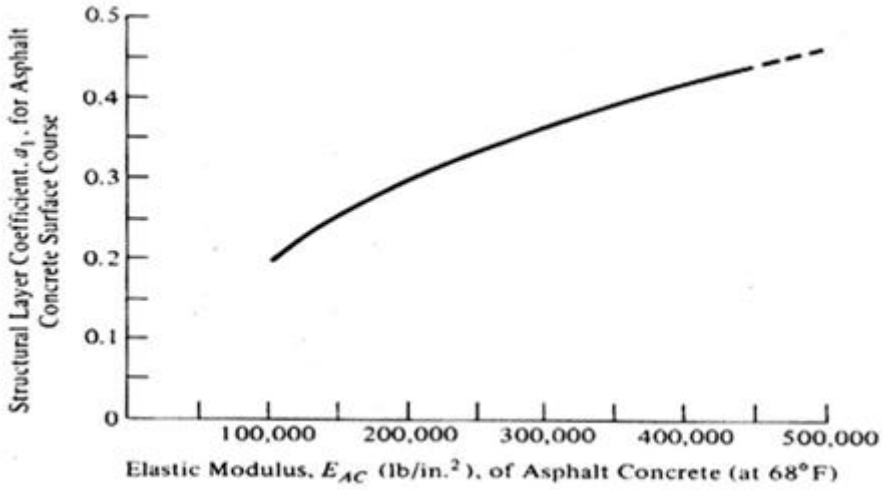
يرمز لها بالرمز R أي (Reliability) وهي التي تحدد مستويات الضمان لمقاطع الطريق المصممة لبقائها على قيد الحياة خلال الفترة التصميمية والجدول التالي يوضح مستويات الموثوقية لأنواع مختلفة من الطرق:

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

جدول **(19-5)** مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق

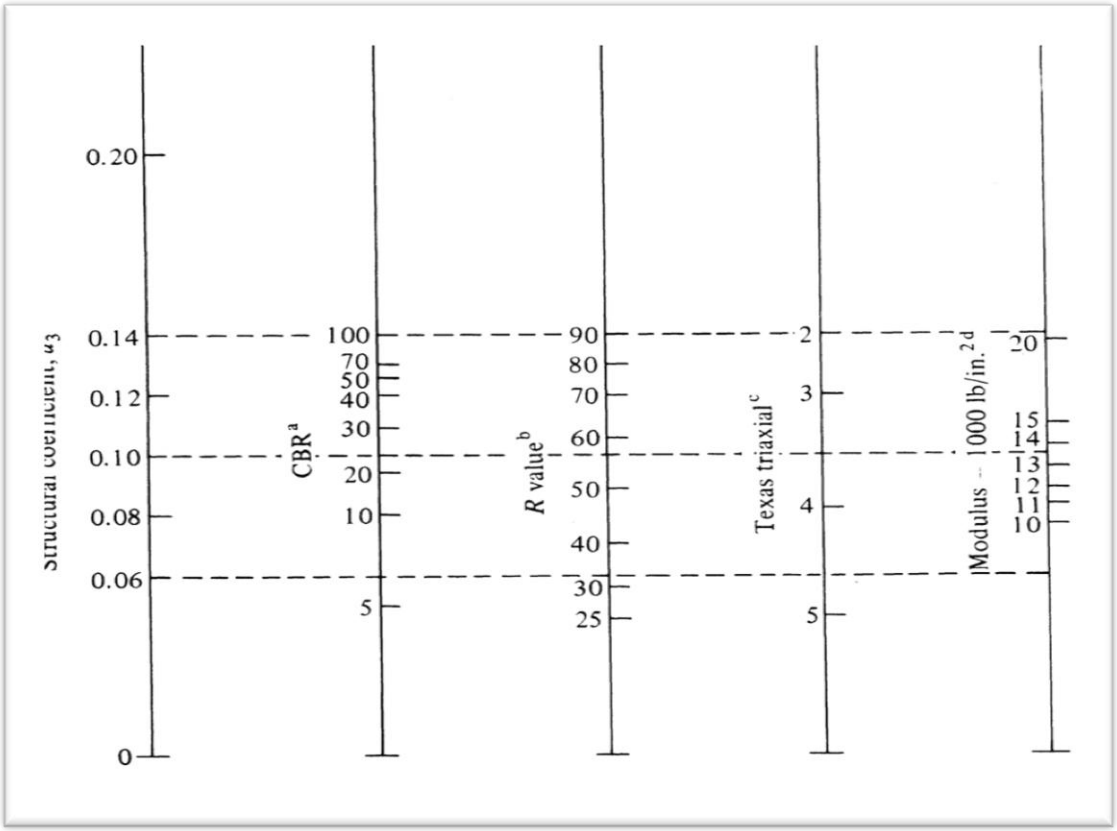
على اعتبار إن طريق التصميم طريق شرياني وبالتالي فان مستوى الموثوقية مساوي 99.

والشكل التالي يبين معامل طبقة (Base coarse) وطبقة الإسفلت(asphalt):



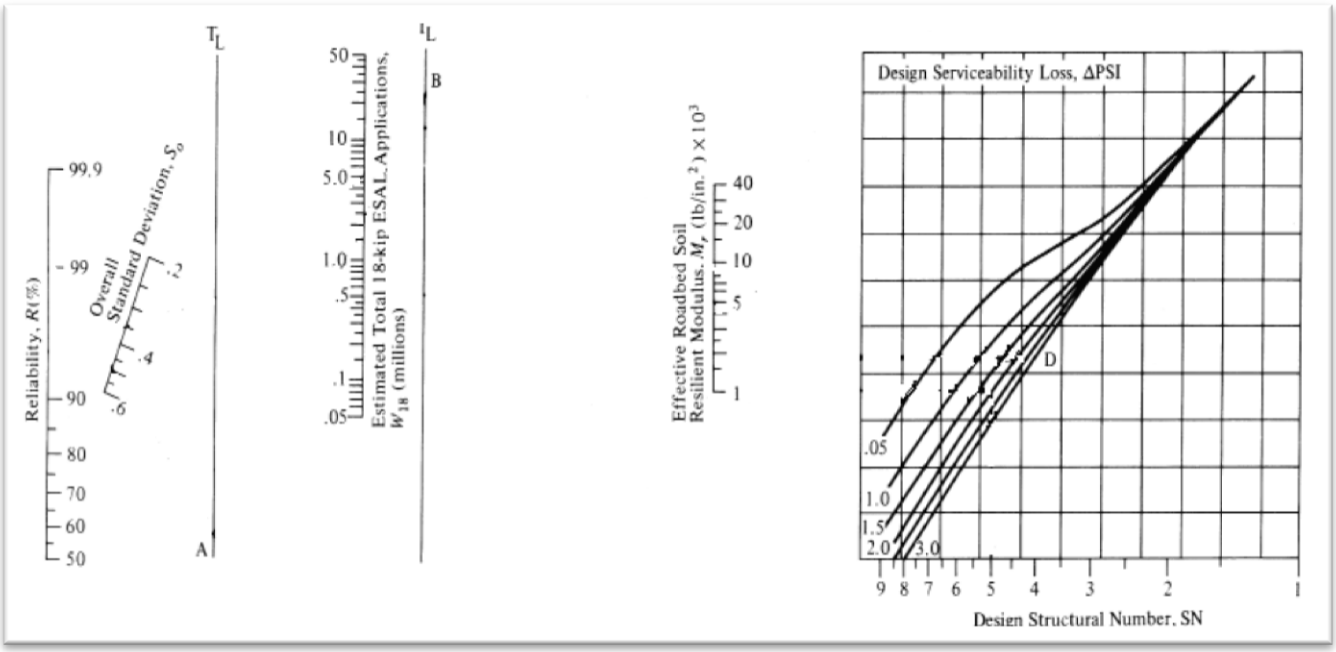
شكل (5-6) منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية(a_1)

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 **0.46 (a_1)**



شكل (5-7) معامل طبقة (Base course) a_2

وبما أن قيمة (CBR) مساوية 88 ,فان قيمة **a2** من الشكل السابق تكون مساوية **0.137**



الشكل**(5-8)** منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN لطبقات الرصفة المرنة.

- يتم العمل على الشكل السابق عن طريق توقيع مقدار الموثوقية (R) المساوي 99%, ثم تم مد خط مستقيم يصل بين مدى الثقة وقيمة الانحراف المعياري المساوي 0.5 ليقطع الخطTL في النقطة (A),ثم يتم مد خط من النقطة (A) ليقطع النقطة (B) عند قيمة ESAL المحسوبة سابقا والمساوية($0.7 *10^6$)ثم نمد خط من B ليقطع منحنى SN ويمر في قيمة Mr. للطبقات والتي تم الحصول علها من قيم CBR من الجدول (5-14),ثم يتم مد خط مستقيم ليقطع منحنى (2) وهو عبارة عن قيمة ΔPSI المحسوبة سابقا" ,ثم يتم قراءة قيمة (SN).

- **إيجاد(SN) لطبقة (Base):**

99 =R

0.5=S0

$0.7*10^6$ =ESAL

88= CBR ومن الجدول رقم (5-14) يتم ايجاد قيمة Mr حيث أن :

CBR at(70) = 27000

CBR at(88) = Mr

CBR at(100) = 30000

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

$$\frac{100-70}{30000-27000}=\frac{88-70}{Mr-27000}$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة (Base coarse) تساوي28800 Psi.

من الشكل(5-9) يتضح أن قيمة **SN1** تساوي **2.29**

- **إيجاد(SN) لطبقة (sub grade):**

99 =R

0.5=S0

$0.7*10^6$ =ESAL

58 = CBR ومن الجدول رقم (**5**-14) يتم إيجاد قيمة Mr,حيث أن :

CBR at(55) = 25000

CBR at(58) = Mr

CBR at(70) = 27000

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

$$\frac{70-55}{27000-25000}=\frac{58-55}{Mr-25000}$$

وبالتالي فإن قيمة (Mr) الناتجة لطبقة (sub grade) تساوي2 25400Psi .

من الشكل السابق يتضح أن قيمة **SN2** تساوي **2.75**

$D1 = SN_1/a_1$

$D1= \frac{2.5}{0.46} \rightarrow 4.9$ in.

D1= 4 in→4*2.54

D1=10 cm

SN1= a1*D1

SN1=0.46*4 →1.84 in

$SN_2 = SN_1 + a2\ m\ D2$……5.7

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

$\rightarrow \frac{2.75-1.84}{0.137*0.8}$ =8.30in

D2= 8 in.

D2=8*2.54=20.32

D2=20cm.

SN2=(a2*m*D2)+ SN1

SN2=(0.137*0.8*20)+(1.84)

SN2=4.032 in.

والجدول التالي يمثل سماكات طبقات الرصف:

اسم الطبقة	السماكة (سم)
Asphalt	**10**
Base course	**20**

جدول **(5-20)** سماكة طبقات الرصف

6

الفصل السادس

حساب المساحات و الحجوم لكميات الحفر والردم

1-6 مقدمة.

2-6 حساب مساحة المقاطع العرضية.

1-2-6 طريقة الإحداثيات.

3-6 حساب الحجوم والكميات.

1-3-6 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى .

2-3-6 حالات المقاطع العرضية المتتالية.

الفص السادس

حساب المساحات و الحجوم لكميات الحفر والردم

1-6 مقدمة

يلـزم فـي المشـاريع الهندسـية كمشـاريع الطـرق والسـكك الحديديـة وغيرهـا حسـاب كميـات الأعمـال الترابيـة وذلـك يهـدف إلـى إيجـاد كميـات الحفـر و الـردم للطريـق المصـممة وذلـك مـن خـلال معـرف المسـاحة لكـل مقطـع وذلـك حتـى يـتم الحصـول علـى الحجـم فـلا نسـتطيع إيجـاد الحجـوم بـدون المسـاحة، هنـاك مجموعـة مـن الطـرق لإيجـاد المسـاحات و لكـن فـي هـذا المشـروع تـم الاعتمـاد علـو القياسـات التـي تـم أخـذها فـي عمليـة الرفـع فـي الحقـل بـالرغم مـن أنها معقدة و لكنها أكثر دقة.

و يـتم إيجـاد القياسـات مـن خـلال اخـذ مقـاطع عرضـية علـى طـول الطريـق و يمثـل المقطـع العرضـي التغيـرات العرضـية فـي الطريـق وذلـك بأخـذ المناسـيب عنـد كـل تغيـر و منسـوب خـط الإنشـاء وذلـك حتـى يـتم حسـاب كافـة. وتحسـب مسـاحات هـذه المقـاطع بمعرفـة مناسـيب وعناصـر التصـميم المختلفـة, وإذا عرفـت المسـاحات للمقـاطع العرضـية بالتـالي يمكـن حسـاب كميـات الحفـر والـردم بـين كـل مقطعـين متتـاليين وبالتـالي حسـاب كميـات الحفـر والـردم لكل المشروع.

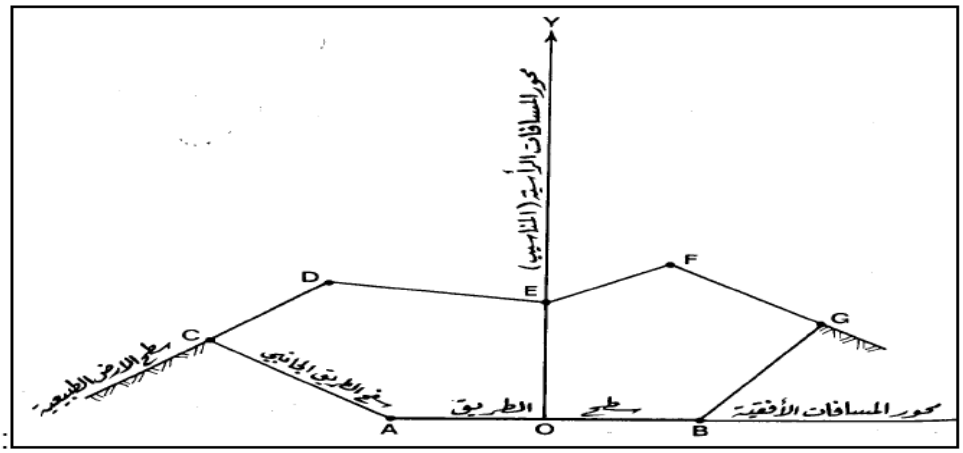
2-6 حساب مساحة المقاطع العرضية

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاث طرق رئيسية :-

- الطريقة الحسابية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الميكانيكية.

1-2-6 طريقة الإحداثيات

تعتبـر الطريقـة الحسـابية الأكثـر شـيوعا وانتشـارا وذلـك بسـبب تطـور الأجهـزة الإلكترونيـة وانتشـارها وهـي تعتبـر دقيقـة جـدا لكنهـا تأخـذ وقتـا وجهـدا أكثـر مـن تلـك الطـريقتين، وقـد تـم اسـتخدام طريقـة الإحـداثيات التـي هـي جـزء منها.



الشكل (6-1) :- مقطع عرضي لطريق

وللقيام بحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل السابق يتم اختيار نظام معين مركزه النقطة O نقطة تقاطع الإحداثي السيني والإحداثي الصادي. وبمعرفة المسافات الأفقية ومناسيب النقاط الموضحة في الشكل (G F E D C) وكذلك معرفة عرض الطريق AB يمكننا تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع العرضي. ومن ثم يتم ترتيب إحداثيات النقاط على شكل بسط يمثل الإحداثي الصادي ومقام يمثل الإحداثي السيني وترتيبها في جدول كما ه موضخ في الشكل التالي :

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

الشكل (6-2) :- حساب المساحة بطريقة الإحداثيات

وبعد ذلك يتم ضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري، وتجمع النتائج وبفرض أن مجموع الضرب يساوي ∑1، وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل سهم ونجمع النواتج وبفرض أن مجموع هذه الضرب يساوي ∑2 فيتم حساب المساحة اعتمادا على العلاقة التالية :

$$Area = \frac{|\sum 1 - \sum 2|}{2} \quad \text{.....(6.1)}$$

3-6 حساب الحجوم والكميات

بعد تصميم الشكل النهائي للطريق في المسارين النهائيين (الأفقي والرأسي) ينتج من ذلك كميات حفر وردم للوصول إلى منسوب التصميم الجديد (منسوب سطح الطريق المخصص للمركبات). وهناك مجموعة من الطرق و الحالات المختلفة و القوانين المختلفة لحساب الحجوم وذلك حسب الاختلاف في حالة كل مقطع وسنعرض بعض النماذج من المشروع تفي بكل الحالات الخمس لحسابات المقاطع وهي:

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

1-3-6 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى

تعتمد هذه الطريقة على التغير المنتظم في سطح الأرض حيث يفترض أن ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين عرضيين متتاليين، ولذلك تم الرصد عند كل تغير أفقي ورأسي في الطريق ولحساب الحجم يتم أخذ معدل ما بين المساحتين للمقطعين المتتاليين ونضربها في المسافة بينهما.

2-3-6 حالات المقاطع العرضية المتتالية

- **المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كامل أو ردم كامل**

حيث يتم تطبيق القوانين على المقطعين اللذين يقعان في منطقة حفر كامل كما وينطبق على المقاطع التي تكون تحوي ردم كامل ، في هذه الحالة تطبق العلاقة التالية :-

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right) \quad \text{.....(6-2)}$$

- **المقطع الأول حفر كامل والأخر مختلط (أو العكس)**

يتم حساب الكميات كما يلي :-

❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(F_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....(6-3)}$$

❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad \text{.....(6-4)}$$

حيث :-

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

- **المقطعان مختلطان :-**

حيث يتم حساب الكميات كما يلي :-

- ❖ الحفر حسب العلاقة التالية :-

$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1}) \times (D) \quad (6-5)$$

- ❖ الردم حسب العلاقة التالية :-

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

حيث :-

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

ومن خلال برنامج (AutoCAD Civil 3D Land Desktop 2009) تم حساب كميات الحفر والردم الممثلة في الجدول التالي :-

STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	12.74	0.00	394.99	0.00	394.99	0.00
0+020	26.75	0.00	611.28	0.00	1006.28	0.00
0+040	34.37	0.00	715.15	0.00	1721.43	0.00
0+060	37.14	0.00	722.82	0.00	2444.25	0.00
0+080	35.14	0.00	688.23	0.00	3132.48	0.00
0+100	33.68	0.00	643.46	0.00	3775.94	0.00
0+120	30.66	0.00	598.11	0.00	4374.04	0.00
0+140	29.15	0.00	572.21	0.00	4946.25	0.00
0+160	28.07	0.00	544.02	0.00	5490.27	0.00
0+180	26.33	0.00	522.39	0.00	6012.66	0.00
0+200	25.91	0.00	518.60	0.00	6531.27	0.00
0+220	25.95	0.00	509.00	0.00	7040.27	0.00
0+240	24.95	0.00	458.98	0.00	7499.25	0.00
0+260	20.95	0.00	389.88	0.00	7889.13	0.00
0+280	18.04	0.00	338.60	0.01	8227.74	0.01
0+300	15.82	0.00	331.17	0.00	8558.91	0.01
0+320	17.30	0.00	371.55	0.00	8930.45	0.01
0+340	19.86	0.00	434.66	0.00	9365.12	0.01
0+360	23.61	0.00	518.45	0.00	9883.57	0.01
0+380	28.24	0.00	562.94	0.00	10446.50	0.01
0+400	28.06	0.00	523.23	0.00	10969.74	0.01
0+420	24.26	0.00	446.53	0.00	11416.26	0.01
0+440	20.39	0.00	288.62	0.02	11704.88	0.03
0+460	8.47	0.00	84.87	55.85	11789.76	55.88
0+480	0.01	5.58	0.13	184.29	11789.89	240.17
0+500	0.00	12.85	10.39	272.17	11800.28	512.34
0+520	1.04	14.37	18.78	273.75	11819.06	786.09
0+540	0.84	13.00	9.36	212.36	11828.42	998.45
0+560	0.10	8.23	40.86	82.35	11869.28	1080.80
0+580	3.99	0.00	268.63	0.03	12137.90	1080.83
0+600	22.87	0.00	578.32	0.00	12716.22	1080.83
0+620	34.96	0.00	708.94	0.00	13425.16	1080.83
0+640	35.93	0.00	582.09	0.00	14007.25	1080.83
0+660	22.27	0.00	267.72	0.06	14274.98	1080.89
0+680	4.50	0.01	44.98	93.05	14319.95	1173.94
0+700	0.00	9.30	0.00	264.26	14319.95	1438.20
0+720	0.00	17.13	0.00	374.48	14319.95	1812.68
0+740	0.00	20.32	0.00	382.71	14319.95	2195.39
0+760	0.00	17.95	0.00	333.10	14319.95	2528.48
0+780	0.00	15.36	0.00	284.31	14319.95	2812.79
0+800	0.00	13.07	0.00	221.41	14319.95	3034.20
0+820	0.00	9.07	0.00	135.98	14319.96	3170.18
0+840	0.00	4.53	15.73	47.97	14335.68	3218.15
0+860	1.57	0.27	79.12	2.73	14414.81	3220.88
0+880	6.34	0.01	188.86	0.06	14603.67	3220.94
0+900	12.55	0.00	294.04	0.03	14897.71	3220.97
0+920	16.86	0.00	375.88	0.02	15273.58	3221.00
0+940	20.73	0.00	437.21	0.00	15710.80	3221.00
0+960	22.99	0.00	467.93	0.00	16178.73	3221.00
0+980	23.80	0.00	425.61	0.00	16604.34	3221.00
1+000	18.76	0.00	312.21	0.13	16916.55	3221.12
1+020	12.46	0.01	86.26	0.12	17002.82	3221.25
1+027.97	9.18	0.02	0.00	0.00	17002.82	3221.25

الجدول (6-1) :- مساحات وحجوم المقاطع العرضية

7

الفصل السابع

حساب تكلفة المشروع

1-7 مقدمة

2-7 حساب تكلفة الطريق

1 -2-7 حساب تكلفة الحفر والردم

2 -2-7 حساب تكلفة طبقات الرصفة

3-2-7 تكلفة الجبة الحجرية

4-2-7 التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق

الفصل السابع

التكلفة والعطاء

1.7 مقدمة

تعتبر عملية حساب تكلفة المشروع ضرورية حيث يتم معرفة مقدار التكلفة لأي مشروع و ذلك لان التكلفة تعتبر مهمة للتعرف على المبلغ المطلوب لتنفيذ هذا المشروع وكذلك تزويد الجانب الممول بكافة التكاليف الواجب تغطيتها للمشروع . و في هذا الفصل سوف يتم حساب تكلفة كل طبقة من طبقات الرصفة على طول الطريق كما ويتم حساب الحفر والردم .

2.7 حساب تكلفة الطريق

1.2.7 تكلفة الحفر والردم

حجم الحفر الكلي =17002.82 m^3

حجم الردم الكلي = 3221.25 m^3

سعر المتر المكعب للحفر = $4.8

سعر الكتر المكعب للردم = $5.5

تكلفة الحفر = حجم الحفر الكلي * سعر المتر المكعب للحفر

4.8*17002.82=

= $ 81613.536

تكلفة الردم = حجم الردم الكلي * سعر المتر المكعب للردم

5.5*3221.25 =

= $ 17716.875

تكلفة الحفروالردم الكلية = تكلفة الحفر + تكلفة الردم

= 81613.536 + 17716.875

= $ 99330.411

2.2.7 حساب تكلفة طبقات الرصفة

يبلغ طول الطريق المراد تأهيله وتصميمه حوالي 1027 م وهو يتكون من 4 مسارب عرض كل مسرب 3.5م ، وكما هو تبين لنا أن الرصفة تتكون من طبقتين طبقة الاسفلت وطبقة البسكورس.

حساب مساحة المسارب = طول الطريق * عرض الطريق

= 20* 1027

= 20540 م2

بعد معرفة مساحة المسرب سوف يتم حساب حجم الإسفلت والبسكورس وطبقة ما تحت الأساس و موضحا كل طبقة على حدة كما يلي:

- **الطبقة الأولى : (الاسفلت Asphalt)**

حجم الإسفلت = مساحة المسارب × سمك طبقة الإسفلت .

= 20540* 0.10 = 2054 م3.

وزن الإسفلت = حجم الإسفلت × كثافة الإسفلت .

= 2054 × 2.24 = 4600 طن .

سعر واحد طن من الإسفلت المشغول = 35 $.

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

= 4600× 35 = 161033 $.

- **الطبقة الثانية : البسكورس Base Course**

حجم البسكورس = مساحة المسارب * سمك طبقة البسكورس .

= 20540 ×0.20 = 4108 م3.

وزن البسكورس = حجم البسكورس × كثافة البسكورس .

= 4108 × 2.14 = 8791.12 طن .

سعر واحد طن من البسكورس المشغول = 7 $.

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

= 8791.12 × 7 = 61537.84 $.

التكلفة الكلية للرصفة = تكلفة الإسفلت + تكلفة البسكورس+ تكلفة طبقة ما تحت الأساس .

= 161033 + 61537.84 = 222570 $.

3-2-7 تكلفة الجبة الحجرية

يوجد هناك جبة حجرية على الارصفة وعلى الجزيرة الوسطية ، حيث تحسب الجبة بالمتر الطولي لذلك تكون كمية الجبة الحجرية اللازمة لهذا المشروع كما يلي :

1027*4 = 4108 متر طولي .

4108*سعر المتر الطولي .

4-2-7 التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق

بما أن الطبقة الوحيدة التي من الممكن العمل عليها هي طبقة الإسفلت إذا فإن أعمال الصيانة تتم عليها كالتالي :-.

بعد الرجوع إلى البلدية لمعرفة التكلفة لصيانة المتر المربع من الإسفلت مع الأدوات و الأيدي العاملة فكانت هذه القيمة $ 14 .

التكلفة الكلية للصيانة = مساحة الإسفلت × سعر صيانة المتر المربع للإسفلت

= 14 * 20540 = $ 287560

8

الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

8-1 النتائج

8-2 التوصيات

الفصل الثامن

النتائج والتوصيات

8-1 النتائج

1- عمل مضلع وحساب احداثياته وتصحيحه من أجل الانطلاق منه لرصد الطريق.
2- تم تصميم الطريق حسب القوانين المتبعة وتجهيز كافة المعلومات الخاصة بالتصميم وعمل المخططات اللازمة
3- قام فريق العمل برسم جميع المقاطع الطولية والراسية .
4- تم حساب سمك طبقات الرصفة اللازمة للطريق .
5- تم حساب المساحات والكميات (الحفر والردم ورسم مخططات المقاطع العرضية).
6- حل المشاكل التي تم مناقشتها في الفصل الثالث .
7- تم حساب تكلفة المشروع .

8-2 التوصيات

1. يجب العمل على إتباع المواصفات الخاصة بالطرق في الأراضي الفلسطينية.
2. طرح مساقات جامعية وتدريب الطلبة على التطبيقات والبرامج الحديثة وخصوصا برنامج Civil 3D و Adjust وغيرهما من التطبيقات في التخصصات المختلفة
3. نحث الجامعة على التواصل مع مؤسسات المجتمع المدني لطرح مشاريع تخرج تهم هذه المؤسسات .
4. ندعو الى تدريب الطلبه على التطبيقات البرامجيه الحديثه في المجالات المختلفه عن طريق وجود مرونه في الخطط التدريسيه .
5. ضرورة تكامل العمل بين التخصصات بحيث تكون مشاريع التخرج ذات التطبيق العملي .

المراجع والملاحق

المصادر والمراجع

١.بلدية الظاهرية .

٢.وزارة المواصلات السعودية (١٩٩٨). دليل صيانة الطرق.

٣.روحي الشريف. البسيط في تصميم وإنشاء الطرق . الجزء الثاني . مطبعة شوقي معبدي (١٩٨٢).

٤.تصميم وتأهيل طريق خلة العوينة في بلدة ترقوميا ،جامعة بوليتكنك فلسطين - الخليل، ٢٠١١م .

٥.المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، تقنيات الطرق ، المملكة العربية السعودية.

٦.المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، مساحة أرضية ١، المملكة العربية السعودية.

٧.المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، مساحة أرضية ٢، المملكة العربية السعودية.

٨.المؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني ، مساحة أرضية ٣، المملكة العربية السعودية.

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

١٠. فحوصات التربة للأغراض الإنشائية.

11. Traffic and Highway Engineering - Forth Edition- Nicholas. J. jarber Lester. A. Hoel

12. Pavement material and design I. Dr- Ghazi al-kateeb

13. Dr najeh tamim; Surveying for civil engineers.

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

تصحيح المضلع بطريقة

-adjust Autodesk

-adjust

فهرس المحتويات

الموضوع	رقم الصفحة
الغلاف	I
شهادة تقييم مقدمة المشروع	II
الإهداء	IV
الشكر والتقدير	V
الملخص	VI
Abstract	VII
فهرس المحتويات	VIII
فهرس الأشكال	XIV
فهرس الجداول	XV
فهرس الملاحق	XVI

الفصل الأول

1-1	نظرة عامة	1
1-2	نبذه عن مدينة الظاهرية	2
1-3	أهمية المساحة في تصميم الطريق	2
1-4	فكرة المشروع	3
1-5	منطقه الدراسة	3
1-6	أهمية وأهداف المشروع	4
1-7	طريقة البحث	4
1-8	الأعمال المساحية المطلوبة لتخطيط الطريق	5
1-8-1	المرحلة الاستطلاعية	5
1-8-2	المسح الميداني للطريق	5
1-8-3	التصميم النهائي للطريق :	5
1-9	نطاق عمل المشروع	5
1-10	الأجهزة المساحية والبرامج المستخدمة	6

1-11 العوائق والصعوبات.....6

الفصل الثاني

1-2 مقدمه.....7
2-2 أهمية أعمال المضلعات في الأعمال المساحية 7
3-2 أنواع المضلعات.....7
1-3-2 المضلع المفتوح 7
2-3-2 المضلع المغلق.....8
4-2 القراءات.....9
5-2 حساب إحداثيات النقاط قبل التصحيح.....11
6-2 تصحيح الأخطاء للمضلع 12
1-6-2 الأخطاء في المسافات 13
2-6-2 الخطْأ في الضبط المؤقت للجهاز 13
3-6-2 أخطاء التوجيه 13
4-6-2 الأخطاء في قياس الزوايا 14
7-2 تصحيح الأخطاء في الإحداثيات.....15
1-7-2 least square method.....15
2-7-2 Relative error ellipse.....19
8-2 النتائج.....21

الفصل الثالث

1-3 المقدمة.....23
2-3 تعريف بالمشاكل.....23
3-3 عيوب الرصفة الإسفلتية.....24
1-3-3 الشقوق التمساحية أو شقوق الكلل Alligator/Fatigue Cracking.....24
2-3-3 الشقوق الشبكية Block cracking.....25
3-3-3 الشقوق الطولية والعرضية Longitudinal and Transverse Cracks.....26
4-2-3 الــرقــع Patching.....27

5-2-3 هبوط الأكتاف Lane Shoulder Drop 28
6-2-3 الشقوق الانزلاقية Slippage Cracks..... 29
7-2-3 التطاير والتآكل Raveling and Weathering..... 30
8-2-3 الشقوق الجانبية Edge Cracking..... 31
9-2-3 الشقوق الانعكاسية Reflection Cracking..... 32
4-3 عرض الشارع..... 34
5-3 تجمع مياه الامطار 34
6-3 مشكلة الاضاءة الغير كافية على الطريق..... 36

الفصل الرابع

1-4 مقدمه..... 37
2-4 أسس عمليه التصميم 37
1-2-4 حجم المرور 37
2-2-4 تركيب المرور 37
3-2-4 السرعة التصميمية..... 37
4-2-4 قطاع الطريق 38
5-2-4 عرض الحارة 38
6-2-4 الأرصفة 38
7-2-4 الميول العرضية 38
8-2-4 الميول الطولية 38
9-2-4 الجزر الفاصلة بين الاتجاهين 39
10-2-4 الحواجز الجانبية والأعمدة الاسترشاديه 39
11-2-4 الجدر الاستناديه 39
3-4 العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق..... 39
4-4 التخطيط الأفقي للطريق..... 40
1-4-4 المنحنيات الأفقية..... 40
1-1-4-4 المنحنيات الدائرية البسيطة..... 41

4-4-1-2 المنحنيات الانتقالية.....43
4-4-1-3 القوة الطاردة المركزية.....44
4-4-2 ارتفاع ظهر المنحنى (التعلية).....45
4-4-2-1 زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات.....45
4-4-2-2 الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق.....45
4-5 التخطيط الراسي للطريق.....46
4-5-1 أنواع المنحنيات الراسية.....47
4-5-2 عناصر المنحنى الراسي.....48
4-5-3 الميول الراسية العظمى.....48
4-5-4 طول المنحنى الرأسي 49

الفصل الخامس

5-1 مقدمة 50
5.2 العناصر الإنشائية للرصفة المرنة (Structural Components Of Flexible Pavement).....50
5.2.1 طبقة التربة الأصلية (Sub Grade) 51
5.2.2 طبقة ما تحت الأساس (Sub Base) 51
5.2.3 طبقة الأساس (Base Course).....51
5.2.4 الطبقة السطحية الإسفلتية (Surface Course) 51
5-3 الرصف 51
5-3-1 مقدمة.....51
5-3-2 أنواع الرصف المختلفة 51
5-3-3 العوامل التي تؤثر على تصميم الرصفة حسب طريقة AASHTO 52
5-4 الفحوصات المخبرية المستخدمة في تصميم الطرق.....53
5-4-1 اختبارات الدمك المعملية 53
5-4-2 اختبار بروكتور (Proctor Test) 53
5-4-3 فحص الدمك في المختبر (Laboratory Compaction Test).....54
5-4-4 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا(CBR (California Bearing Ratio Test) 58

5-5 تصميم الرصفة المرنة.....63
5-5-1 حساب قيمة (ESAL)Equivalent Accumulated 18000 Single Axle Load.....63
1-5-5-1 الحمل المكافئ لمحور مفرد.....63
2-5-5-1 معامل حمل المحور المكافئ.....63
5-5-2 حساب سماكة طبقات الرصف.....68
5-5-2- 1معامل الرجوعية (Mr).....68
5-5-2-2 الأداء الوظيفي والأداء الإنشائي للرصفة المرنة.....69
5-5-2-3 الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation).....69
5-5-2-4 الرقم الإنشائي (SN).....70
5-5-2-5 موثوقية تصميم الرصفة.....71

الفصل السادس

1-6 مقدمة.....76
2-6 حساب مساحة المقاطع العرضية.....76
1-2-6 طريقة الإحداثيات.....76
3-6 حساب الحجوم والكميات.....78
1-3-6 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقاطع الوسطى 78
2-3-6 حالات المقاطع العرضية المتتالية.....78

الفصل السابع

1-7 مقدمة.....81
2-7 حساب تكلفة الطريق.....81
1 -2-7 حساب تكلفة الحفر والردم.....81
2 -2-7 حساب تكلفة طبقات الرصفة 81
3-2-7 تكلفة الجبة الحجرية.....83
4-2-7 التكلفة المستقبلية لصيانة الطريق.....83

الفصل الثامن

8-1 النتائج.....84

8-2 التوصيات.....84

فهرس الأشكال

رقم الشكل	الشـكـل	رقم الصفحة
(1-1)	منطقة المشروع	3
(2-1)	Open traverse	7
(2-2)	Link traverse	8
(2-3)	Closed traverse	8
(2-4)	ellipse	21
(3-1)	رسمة الشقوق التمساحية	24
(3-2)	الشقوق التمساحية	24
(3-3)	رسمة الشقوق الشبكية	25
(3-4)	الشقوق الشبكية	25
(3-5)	رسمة الشقوق الطولية والعرضية	26
(3-6)	رسمة الشقوق الطولية والعرضية	26
(3-7)	رسمة للرقع	27
(3-8)	الرقع	27
(3-9)	رسمة لهبوط الأكتاف	28
(3-10)	هبوط الأكتاف	28
(3-11)	الشقوق الإنزلاقية	29
(3-12)	الشقوق الإنزلاقية	29
(3-13)	التطاير والتآكل	30
(3-14)	رسمة الشقوق الجانبية.	31
(3-15)	الشقوق الجانبية	31
(3-16)	الشقوق الانعكاسية	32
(3-17)	عرض الطريق	34
(3-18)	تجمع مياه الامطار	35
(3-19)	تجمع مياه الامطار	35
(3-20)	اقامة مجاري المياه تحت الارصفة	36
(4-1)	منحنى دائري بسيط	41
(4-2)	المنحنى الانتقالي	43
(4-3)	تأثير القوه الطاردة المركزية على المركبات	44
(4-4)	الطرق المتبعة في التعلية-الطريقة الاولى	46
(4-5)	الطرق المتبعة في التعلية-الطريقة الثانية	46
(4-6)	الطرق المتبعة في التعلية-الطريقة الثالثة	46
(4-7)	فرق الميل او زاوية الميل	47
(4-8)	عناصر المنحنى الرأسي	48
(5-1)	طبقات الرصفة المرنة	49
(5-2)	منحنى العلاقة بين رطوبة التربة وكثافتها الجافة	55
(5-3)	منحنى العلاقة بين الكثافة الجافة ومحتوى الرطوبة لعينة SUB GRADE	56
(5-4)	منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز	60
(5-5)	منحنى العلاقة بين الاجهاد والغرز	61
(5-6)	منحنى معامل طبقة الاسفلت السطحية a1	70
(5-7)	معامل طبقة (base course)	71
(5-8)	منحنى لايجاد الرقم الانشائي SN لطبقات الرصف المرنة	71
(6-1)	مقطع عرضي لطريق	76
(6-2)	حساب المساحة بطريقة الاحداثيات	76

فهرس الجداول

رقم الجدول	الجداول	رقم الصفحة
(2-1)	القراءات التي تم رصدها في الميدان لحساب إحداثيات المحطات	10
(2-2)	القراءات بعد حساب الوسط الحسابي	10
(2-3)	الإحداثيات غير المصححة للمحطات في الميدان	12
(2-4)	الإحداثيات المعلومة احداثيات (GPS)	12
(2-5)	قيم الخطأ المسموح به في الضفة الغربية	14
(2-6)	معدل المسافات المقروءة بين المحطات ومقدار الخطأ في كل مسافة	14
(2-7)	الإحداثيات المصححة للمحطات في الميدان	19
(2-8)	قيم الأخطاء الناتجة	21
(2-9)	تحليل البيانات المدخلة	22
(2-10)	اطوال الخطوط التي تربط كل محطتين والزاوية المحصورة بينها	22
(4-1)	السرعة حسب تصنيف الطريق	37
(4-2)	انصاف اقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق	42
(4-3)	الحد الادنى لنصف القطر في المنحنى	42
(5-1)	الكثافة الرطبة لعينة base course	54
(5-2)	الكثافة الجافة والرطوبة لعينة base course	55
(5-3)	الكثافة الرطبة لعينة sub grade	56
(5-4)	الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة لعينة sub grade	56
(5-5)	بعض قيم نسب التحمل CBR	58
(5-6)	المواصفات المطلوبة CBR لطبقات الطرق في فلسطين والاردن	58
(5-7)	حساب CBR	58
(5-8)	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب base course	60
(5-9)	العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب sub grade	61
(5-10)	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية	63
(5-11)	معامل النمو	64
(5-12)	تحويل اوزان المركبات الى احمال قياسية	65
(5-13)	متوسط عدد المركبات لكل ساعة	66
(5-14)	معامل الطبقة لطبقة الأساس الحصوية (a2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات الرجوعية (Mr)	67
(5-15)	معامل طبقة الخلطة الإسفلتية (a1) المقابل لمعامل مرونة الطبقة الإسفلتية عند درجة حرارة C20	68
(5-16)	الانحراف المعياري حسب نوع الطريق	68
(5-17)	تعريف جودة التصريف	69
(5-18)	معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق (mi)	69
(5-19)	مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق	70
(5-20)	سماكة طبقات الرصف	75
(6-1)	مساحات وحجوم المقاطع العرضية	80

الملاحق(Appendix)

- الملحق رقم (1) المصادر والمراجع.
- الملحق رقم (2) تصحيح المضلع.
- الملحق رقم (3) مخططات التصميم.