# الفصل الأول

## المقدمة

1-1 نظرة عامة .

2-1 نبذة عن بلدة تفوح .

3-1 أهمية المساحة في تصميم الطرق.

4-1 فكرة المشروع .

5-1 موقع المشروع .

6-1 مشكلة المشروع .

7-1 أهداف المشروع .

8-1 خطوات العمل .

9-1 هيكلية المشروع .

10-1 الجداول الزمنية .

# المقدمة

## 1-1 نظرة عامة .

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

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

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

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

## 2-1 نبذه عن بلدة تفوح :

هي بلدة فلسطينية تقع على بعد6 كم للغرب من مدينة الخليل ويحد بلدة تفوح من الشرق مدينة الخليل، ومن الغرب بلدة إذنا، ومن الشمال بلدة بيت كاحل، ومن الجنوب بلدة دورا.

تبلغ مساحتها 20300 دونماً مرتفعة 850م عن سطح البحر وكانت تقوم بلدة «بيت تفوح» بمعنى «بيت التفاح» الكنعانية على موقع هذه القرية وتعتبر أقدم قرية فلسطينية. وفي أيام الرومان كان موقعها حصيناً، و«الخليل» أقرب بلدانها وتعد من أقدم البلدان بعد أريحا. لقرية تفوح اراض في خربة جمرورة مساحتها «12103» دونمات منها 3 للطرق والوديان ولا يملك اليهود فيها أي شبر. غرس الزيتون في «990» دونماً. وتحيط بالأراضي المذكورة اراضي الخليل وبيت كاحل ودورا وترقوميا.

يوجد في بلدة تفوح العديد من المساجد، ومنها: مسجد تفوح الكبير، المسجد العمري، مسجد الغرباء، مسجد حطين، مسجد المجاهدين، مسجد الهدى، مسجد المرابطين، مسجد المعتصمين، مسجد النور، ومسجد أسطاس.

وتفوح بلدة قديمة، ولها أهمية تاريخية وأثرية كبيرة، حيث أظهرت الحفريات في البلدة أثارا تعود إلى 3000 سنة قبل الميلاد، أي من زمن الكنعانيين وحتى عصر الإمبراطورية الروماني وكانت البلدة ومازالت محاطة بجدار روماني أثري. فضلا عن وجود العديد من المواقع الأثرية والتاريخية، التي تم اكتشافها في البلدة، إلا أن هذه الاماكن غير مستغلة سياحيا.

ومن هذه المواقع: قبور شهداء قديمة، سجن روماني، قاعة مجكمة رومانية، دير قديم جدا، بقايا كنائس رومانية قديمة، كما تم اكتشاف كهوف تعود إلى العصر الكنعاني، موجودة في شمال البلدة، في خربة أسطاس، وخربة الخماجات، ووسط البلدة. بالإضافة إلى ذلك يوجد العديد من المواقع الإسلامية القديمة في تفوح، ومنها (مقام الشيخ عبد القادر) أحد قادة الحامية الإسلامية بقيادة عمرو بن العاص (ومقام الشيخ حسين).

صورة (1.1) مدخل بلدة تفوح

### 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 أفضل تخطيط 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 الثلاثة 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 على دراسة و تصميم الطريق في بلده تفوح والمؤدي الي منطقه لوزة الجلاجل، و الذي هو عبارة عن طريق مقترح بطول 1500 متر تقريبا ، ونهدف من وراء هذا العمل القيام بوضع تصميم نموذجي لهذا الطريق، و الاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق من حيث التخطيط الأفقي، والتخطيط الرأسي، و يشمل الرفع الجانبي للطريق الذي يعرف باسم (Super elevation)، والتوسيع على المنحنيات (widening)، وكذلك عمل الميول الجانبية والأقنية الجانبية لتصريف مياه الأمطار في فصل الشتاء, ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصف والأكتاف والأطاريف ( البردورات ) وأرصفة المشاة والجزر الوسطية وإشارات المرور والإنارة.

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

## 5-1 موقع المشروع :

يقع هذا الطريق في منطقة الجنوب الشرقي لمدينة تفوح ، تحديدا في منطقة لوزة ويبلغ طول الطريق 1500 متر ,

شكل(1.1) يبين موقع المشروع

### 6-1 مشكلة المشروع :

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

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

### 7-1 أهداف المشروع :

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

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

- حجم المرور وتركيبه.
- السرعة التصميمية للطريق.
- سطح الطريق المرصوف.
- الميول الجانبية.
- أكتاف الطريق.
- الأرصفة.
- الجزر الفاصلة والجبة.
- تخطيط الطريق والعلامات المرورية.
- عرض المسرب.
- إنارة الطريق.

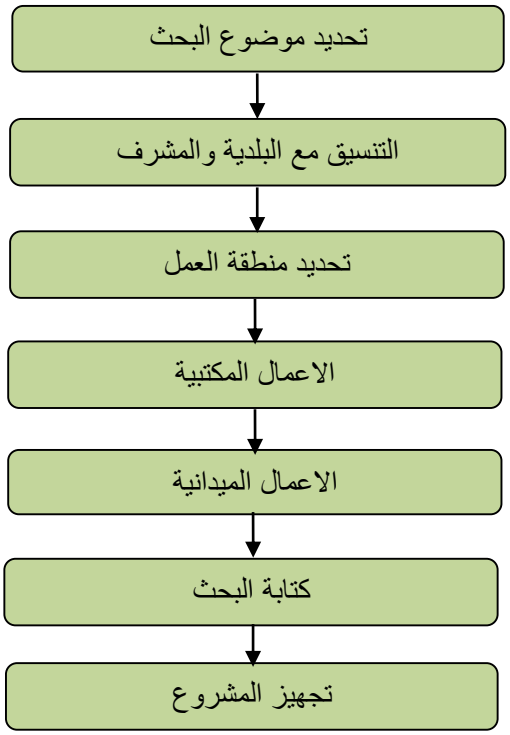
ب- التصميم الإنشائي للطريق الذي يشمل على مجموعة من التجارب المخبرية والميدانية على التربة والإسفلت والحصى ، وهذه التجارب تتلخص فيما يلي:

- تجربة الدمك (Proctor Compaction Test).
- تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا (California Bearing Ratio Test) (CBR).

### 8-1 خطوات العمل :

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

- **المرحلة الأولى :** القيام بتحديد موضوع البحث (تصميم شارع لوزة الجلاجل ) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية تفوح قد تم الحصول على كتاب رسمي من البلدية بالمواصفات التصميمية للطريق .
- **المرحلة الثانية :** التنسيق مع بلدية تفوح حول طريق يراد تنفيذه أو إعادة تأهيله وذلك من اجل مساعدتنا للقيام بهذا المشروع، وقد تم الاتفاق على هذا الطريق لأهميته، بحيث يتم عمل تصميم كامل له ومن ثم الاتفاق مع المشرف على الطريق واخذ موافقته وموافقة الدائرة على المشروع .
- **المرحلة الثالثة :** تحديد منطقة العمل ومن ثم القيام بزيارة إستطلاعية للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامة للتصميم والتنفيذ من أجل الحصول على أفضل وأدق النتائج.
- **المرحلة الرابعة :** البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الاستفادة منها في هذا المشروع.
- **المرحلة الخامسة :** رفع جميع التفاصيل الموجودة بالطريق وعلى الجهة اليمنى والجهة اليسرى مقدار 10 متر من كل جانب بما فيها : حدود الشارع ،الابنية ، السياج ، السلسال ، الاسوار ، الاعمدة ، الشجر، المداخل الفرعية وجميع التفاصيل التي تم رفعها بالطريق كانت بواسطة جهاز GPS Trimble من طراز R8 بطريقة Real Time Kinematic (RTK) والتي سيتم الشرح عنها في Chapter 2.
- **المرحلة السادسة :** تم ادخال النقاط والتوصيل بينها ورسم التفاصيل التي تم الحصول عليها للطريق باستخدام برنامج AutoCAD Civil 3D 2015.
- **المرحلة السابعة :** البدء بكتابة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة و مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- **المرحلة الثامنة :** بعد الانتهاء من المقدمة وانتهاء الفصل الدراسي الأول تم الاستمرار في عملية التصميم والبدء بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة والتعليمات المتبعة لمشاريع التخرج في كلية الهندسة .




شكل (2-1) : طريقة العمل.

### 9-1 هيكلية المشروع :

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

- الفصل الأول: المقدمة وهي مقدمة عامة عن الطرق والمشروع المقترح.
- الفصل الثاني: الاعمال المساحية ونظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية ( GPS – GNSS).
- الفصل الثالث: التصميم الهندسي للطريق .
- الفصل الرابع: التحليل المروري .
- الفصل الخامس : التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية .
- الفصل السادس: حساب المساحات والحجوم لكميات الحفر والردم.
- الفصل السابع: النتائج والتوصيات.

## 10-1 الجداول الزمنية :

جدول (1.1) : الجدول الزمني لإعداد مقدمة المشروع .

| الأسبوع 2019 / النشاط | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اختيار المشروع و جمع المعلومات | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| المساحة الاستطلاعية | | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | |
| العمل الميداني وتعين المحطات | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | |
| العمل المكتبي | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| الرسم باستخدام الكمبيوتر | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | |
| تجهيز التقرير الأولي لمقدمة المشروع | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | |
| تجهيز التقرير النهائي لمقدمة المشروع | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | |

جدول (1.2) : الجدول الزمني لإعداد المشروع

| الأسبوع / 2019 النشاط | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| حصر عدد المركبات المارة على الطريق | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اجراء تجربة الدمك على التربة | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اجراء اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا | | | | | | | | | | | | | | | | |
| العمل المكتبي | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اعداد المخططات التصميمية للطريق باستخدام الكمبيوتر | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اعداد تقرير الحجوم والكميات | | | | | | | | | | | | | | | | |
| اعداد تقرير تكلفة المشروع | | | | | | | | | | | | | | | | |
| تجهيز التقرير النهائي للمشروع | | | | | | | | | | | | | | | | |

## الفصل الثاني

# الأعمال المساحية ونظام تحديد الموقع بالاقمار الصناعية (GPS - GNSS)

**1-2 الأعمال المساحية**

**2-2 نظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GPS – GNSS).**

## 2-1 الأعمال المساحية :

### 2-1-1 مقدمة

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

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

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

1. دراسة المخططات .
2. أعمال استطلاعية (استكشافية) .
3. أعمال مساحية أولية .
4. المسح التثبيتي .
5. المسح الإنشائي .

### 2-1-2 دراسة الخرائط :

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

### 2-1-3 المساحة الإستطلاعية الاولية :

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

### 2-1-4 المسح الابتدائي الأولي :

في عملية المسح الإبتدائي الأولي نقوم بـ:

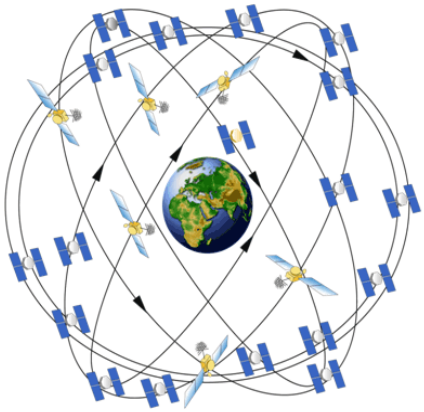
- عمل مسح مبدئي للطريق المختارة بعد عملية الاستطلاع.
- دراسة العوائق على الطريق والتي تعيق عملية التصميم.
- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل حيث تم عمل الرفع التفصيلي لجزء من الطريق بواسطة جهاز GPS.
- اختيار مسار الطريق بناءاً على المخطط الهيكلي للطريق.

## 2-2 نظام تحديد الموقع بالأقمار الصناعية (GPS – GNSS) .

### 1-2-2 المقدمة

إن نظام تحديد المواقع العالمي عبارة عن نظام ملاحي يؤمّن تحديد الموقع بأبعاده الثلاثية ( X, Y, Z ) أو خط الطول والعرض والارتفاع. بالاضافة إلى تحديد الزمن والسرعة للمستخدمين سواء كان المستخدم للنظام على البر أو في البحر أو في الجو سواء أكان في الليل أو في النهار.

ويعد النظام أحد الثورات التي استحدثت في علوم المساحة ، وقد اطلق عدد من الأجيال المختلفة من أقمار النظام الكوني لتحديد المواقع . حيث بدأ ذلك في عام 1978 م . وهناك حاليا 24 قمراً اصطناعياً في حالة تشغيلية على مدار 24 ساعة وفي شتى الأحوال الجوية مغطية كل بقاع الكرة الارضية وتسير هذه الأقمار في مدارات شبه دائرية على ارتفاع يقدر بنحو 20200 كم فوق سطح الارض. وأرصاد هذه الاقمار تتم في المرجع الجيوديسي الكوني المعروف باسم 84 World Geodetic System - (WGS 84) ، الذي يمكن تحويل معلوماته إلى المراجع الاسنادية الإقليمية أو الوطنية أو المحلية.



شكل (2.1) : منظومة الاقمار الصناعية في مداراتها حول الأرض .

### 2-2-2 مكونات نظام تحديد المواقع :

يتكون نظام تحديد المواقع GPS من ثلاث وحدات رئيسية هي :

1. الأقمار الصناعية GPS Satellites .
2. نظام التحكم الأرضي GPS Ground Control Segment .
3. جهاز الاستقبال Receiver .

### 3-2-2 دور الأقمار الصناعية في تحديد المواقع :

ويتمثل دور القمر الصناعي في تحديد المواقع من خلال الوظائف التالية:

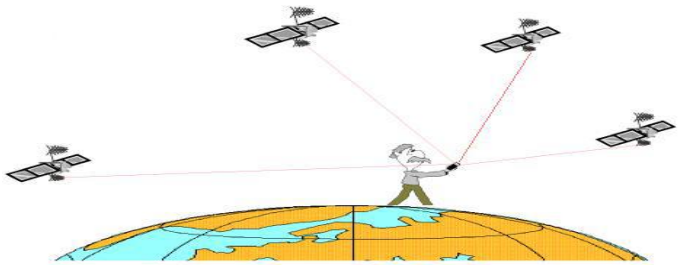
1. استقبال وتخزين البيانات المُرسلة من محطة التحكم.
2. الحصول على التوقيت الدقيق عن طريق ساعات الروبيديوم والسينيزيوم.
3. إرسال المعلومات للمُستخدم عن طريق إشارات مختلفة.
4. المناورة لتعديل المدار عن طريق التحكم الأرضي.

### 4-2-2 طريقة عمل النظام :

سوف نقدم شرح مبسط لتقريب طريقة عمل النظام ، فنحن نسعى في النهاية من استخدام هذا إلى معرفة إحداثيات المستخدم أي معرفة موقعه على سطح الكرة الأرضية.

وبما أن موقع كل قمر صناعي معلوم في مداره وبما انه يوجد لدينا أربعة أقمار صناعية ( على الاقل ) معلومة الإحداثيات . اذاً لو استطعنا حساب المسافات ما بين المستقبل ( المستخدم ) وكل قمر صناعي لأصبحت لدينا مسألة رياضية تعرف في المساحة بالتقاطع العكسي وفيها نوجد إحداثيات نقطة مجهولة بمعلومية إحداثيات مجموعة من النقاط والمسافات بينها.

اذاً ما يقوم به جهاز الاستقبال لدى المستخدم هو حساب المسافات إلى كل قمر صناعي وبمعلومية هذه المسافات وبمعلومية مواقع الأقمار الصناعية نستطيع حساب موقع المستقبل ( X, Y, Z ).



شكل ( 2.2 ) : حساب موقع المستخدم بمعلومية احداثيات اربعة اقمار صناعية.

### 5-2-2 مصادر الأخطاء في نظام GPS-GNSS :

هناك مصادر عديدة من الأخطاء في نظام GPS وهي :

**1- أخطاء من القمر الصناعي :**

- استقرار ساعة القمر .
- انحراف القمر عن مسار.

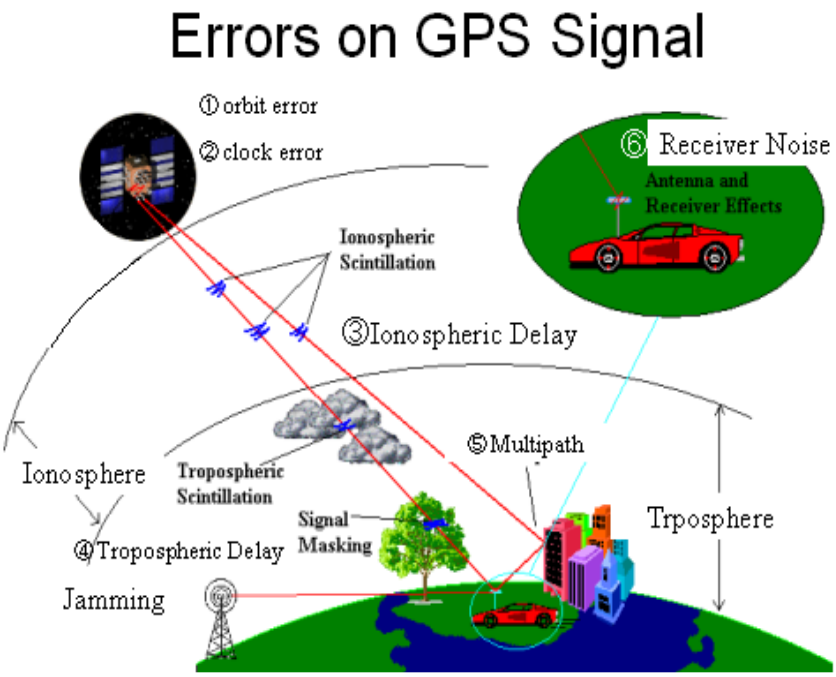
**2- أخطاء من محطات المراقبة والتحكم:**

- خطأ التنبؤ بالإحداثيات.

**3- أخطاء من جهاز الاستقبال :**

- تاخير الايونوسفير .
- تاخير التروبوسفير.
- ضجيج المستقبل.
- الانعكاسات الجانبية.

وهذه المصادر قد تنتج خطأ يصل الى 10 الى 20 متر في قيمة الاحداثيات.



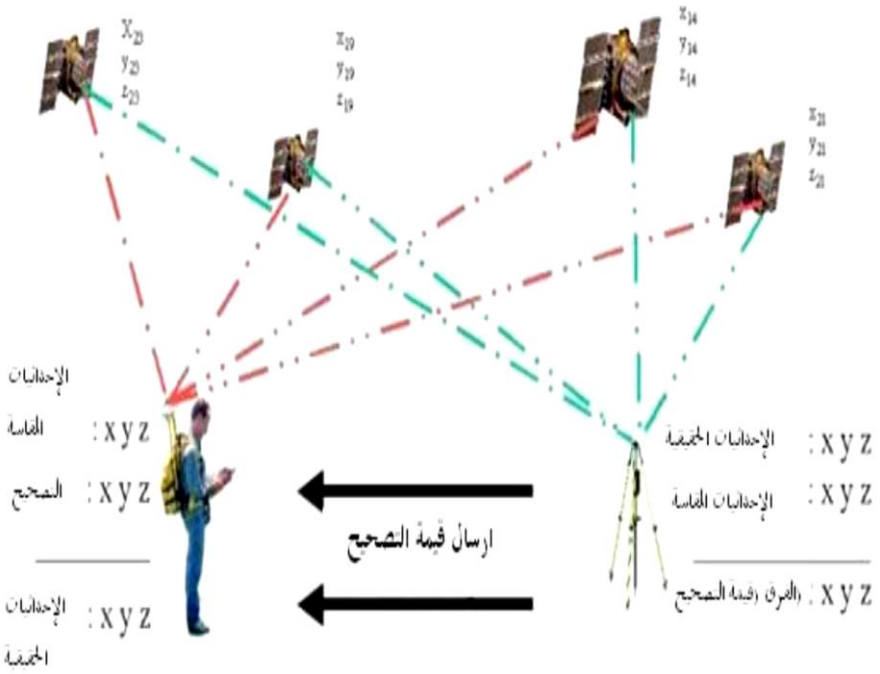

شكل ( 2.3 ) : مصادر الاخطاء في نظام (GPS -GNSS).

**6-2-2 الرصد بنظام تحديد المواقع العالمي (GPS - GNSS) :**

لقد ذكر في الفقرة السابقة مصادر الأخطاء في الرصد بمستقبل الـ GPS وعليه فإن الرصد بجهاز واحد يعطيك دقة في حدود 10 – 20 متر ، وهي مناسبة لأعمال الملاحة والصيد والرحلات والطلعات الاستكشافية ولكن غير مناسبة لأعمال المساحة.

ولذلك تم إيجاد حل لهذه المشكلة عن طريق الرصد بجهازين في نفس الوقت بحيث يثبت جهاز على نقطة معلومة الإحداثيات والجهاز الآخر بالإمكان استخدامه لإيجاد إحداثيات أي نقطة مجهولة بطرق الرصد المختلفة التي سوف نذكرها لاحقا وتسمى هذه الطريقة بالرصد التفاضلي Differential GPS.

والفكرة من هذه الطريقة هي أنه يتم تثبيت جهاز على نقطة معلومة الإحداثيات ويقوم المستقبل بحساب إحداثيات هذه النقطة ، ثم يقوم بعد ذلك بمقارنة هذه الإحداثيات المحسوبة بالاحداثيات المعلومة لهذه النقطة ، والفرق سيكون طبعا مقدار الخطأ . ثم يتم إرسال قيمة التصحيح لأي جهاز استقبال قريب ( إلى حدود مئات الكيلومترات ) باعتبار أن قيمة الخطأ هي نفسها للجهازين باعتبار انهم استقبلو نفس الإشارة من نفس منظومة الأقمار ، وبذلك تكون قيمة الخطأ هي نفسها في الجهازين . وعملية إرسال قيمة التصحيح من الممكن أن تتم بشكل لحظي باستخدام أجهزة إرسال واستقبال لهذه التصحيحات في نفس الوقت " Real Time Corrections " أو تحفظ الرصدات ليتم معالجتها لاحقا ببرامج مساحية متخصصة " Post Processing " .




شكل (2.4) : التصحيح اللحظي للإحداثيات.

**7-2-2 طرق الرصد المساحي بنظام تحديد المواقع العالمي GPS :**

يتم إعداد المستقبل "Receiver" وضبطه الضبط المؤقت كأي جهاز مساحي فوق نقطة معلومة الاحداثيات .

وهناك نوعان رئيسيان من أنواع الرصد وهما :

1- الرصد الثابت Static Observations.

2- الرصد المتحرك Kinematic Observations.

**أولا : الرصد الثابت Static Observations .**

ينقسم الرصد الثابت الى طريقتين وهما الرصد الثابت العادي (Traditional Static ) والرصد الثابت السريع (Fast Static).

**1.** الرصد الثابت العادي ( Traditional Static ) :

فى هذه الطريقة يتم تثبيت أحد المستقبلات على نقطة معلومة الإحداثيات X, Y, Z وتسمى Base Station بينما يثبت المستقبل الآخر على نقطة جديدة يراد تحديد إحداثياتها وتسمى Rover Station ويستغرق رصد النقطة عدة ساعات ولابد من توافر عدد كبير من الأقمار ، وهذه الطريقة هى أكثر الطرق دقة وتستخدم فى رصد الشبكات الجيوديسية وشبكات المثلثات من الدرجة الأولى والخطوط الطولية التى تزيد عن 20 كم .

**2.** الرصد الثابت السريع (Rapid /Fast Static) :

تتشابه هذه الطريقة مع الطريقة السابقة إلا أن فترة الرصد هنا أقل حيث يستغرق رصد النقطة فترة زمنية أقل من الساعة لذلك هذه الطريقة أقل دقة وتستخدم فى تكثيف نقاط شبكات المثلثات والخطوط الطولية التى تقل عن 20 كم. وتستخدم في هذه الطريقة مستقبلات ثنائية التردد Dual-Frequency لرصد نقاط متقاربة (نحو 15 كم) .

**ثانيا : الرصد المتحرك (Kinematic Observations) :**

ينقسم الرصد المتحرك إلى ثلاثة طرق وهم التوقف والذهاب (Stop-Go) و الرصد المستمر (Continuous) والرصد المتحرك باللاسلكي (RTK) .

**1.** رصد التوقف والذهاب Stop & Go

وطريقته أن يوضع أحد المستقبلات على نقطة معلومة الإحداثيات والمستقبل الآخر على نقطة مجهولة الإحداثيات ثم الانتظار لمدة 5 – 10 دقائق للتهيئة في المرة الأولى فقط ، ثم يتحرك المستقبل الثاني إلى نقطة جديدة ويكفي الوقوف لمدة 10 ثوان فقط على كل نقطة جديدة لتحديد موقعها ، ولكن بشرط أن لا يغلق الجهاز أو ينقطع الاتصال عن المستقبل المتحرك طول مدة الرصد.

**2.** الرصد المستمر (Continuous) :

فى هذه الطريقة ينتقل الراصد من نقطة الى أخرى ويظل الجهاز مستمر فى الرصد أثناء حركة الراصد ويقوم الراصد بتسجيل النقاط المراد رصدها وتعتبر هذه الطريقة من أسرع طرق الرصد ولكنها أقل فى الدقة من الرصد الثابت ،ولكن تعتبر دقيقة مناسبة اذا ما قورنت بدقة الرفع المساحي العادي.

يمكن تسمية النوعين السابقين بالرصد التفاضلي (Differential GPS ) وفيهم تتم معالجة الأرصاد الناتجة باستخدام البرنامج الحسابي الخاص بالجهاز على جهاز الكومبيوتر بعد انتهاء العمل وتسمى هذه الطريقة من التصحيح بـ ( Post Processing) وبعد التصحيح تصبح هذه الطرق من أدق طرق الرصد بعد طرق الرصد الثابت .

**3.** الرصد المتحرك التقليدي :

الرصد شبه المتحرك أو الرصد المتحرك الزائف Semi-Kinematic أو Pesudo-Kinematic

هي فئة تضم داخلها مجموعة من طرق رصد GPS وليس طريقة واحدة ، لكن فكرتها الأساسية أن هناك جهاز GPS يكون ثابت static على نقطة معلومة الإحداثيات بينما هناك جهاز آخر (أو مجموعة من الأجهزة) تتحرك لرصد نقطة - أو نقاط – مجهولة ،المبدأ الذي تعتمد عليه هذه الطرق هو طالما أن الجهاز الثابت يحتل نقطة معلومة الإحداثيات فيقوم بحساب الإحداثيات كما هي من أرصاد أقمار GPS ويقارنها بقيم الإحداثيات المعلومة لهذه النقطة، ومن هنا يمكن حساب قيمة الخطأ في أرصاد كل قمر من أقمار GPS في كل لحظة من وقت الرصد (بطرح الإحداثيين) ، وبالتأكد بأن قيمة هذا الخطأ سيكون هو نفسه في أرصاد نفس القمر الصناعي في نفس لحظة الرصد عند الجهاز الآخر المتحرك Rover GPS Receiver ، وبالتالي فإذا أمكننا إضافة قيمة هذا الخطأ (المحسوب عند النقطة الثابتة) إلى أرصاد GPS عند النقطة المجهولة فيمكننا زيادة دقة إحداثيات النقطة المجهولة والوصول بالدقة إلى مستوى السنتيمترات .

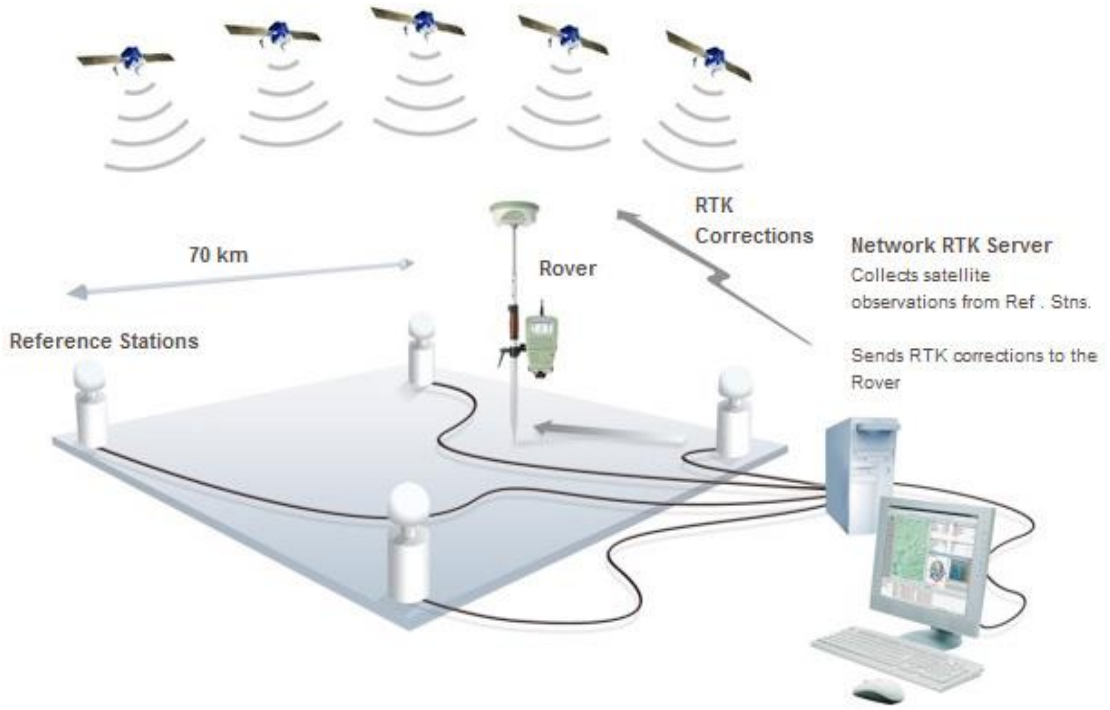
أما كيف تتم هذه العملية الحسابية فهناك عدد من الطرق لكن أهمها طريقتين:

1. طريقة الرصد المتحرك بالحساب المكتبي Post-Processing Kinematic وأحيانا تسمي اختصارا PPK

تتم الاعمال الحقلية كلها - سواء للجهاز الثابت أو المتحرك ثم يتم تحميل جميع الأرصاد علي الكمبيوتر بعد العودة للمكتب في نهاية اليوم ويقوم برنامج الحسابات software بعمليات التصحيح وحساب إحداثيات النقط المجهولة اعتمادا على إحداثيات النقطة - أو النقاط - المعلومة.

2. طريقة الرصد المتحرك اللحظي Real Time Kinematic أو اختصارا RTK

تختلف عن الطريقة السابقة في وجود جهازين راديو لاسلكي أو انترنت مركبين على كلا من الجهاز الثابت Static والجهاز المتحرك Rover ، بحيث يقوم الجهاز الثابت بحساب الخطأ في أرصاد GPS في كل لحظة من فترة الرصد وإرسال هذه التصحيحات - عن طريق جهاز الراديو اللاسلكي - إلى الجهاز المتحرك والذي بدوره يقوم بتصحيح الأرصاد وحساب إحداثيات النقطة المجهولة - بدقة عالية - في نفس اللحظة. وبالتالي فلا تحتاج هذه الطريقة لعملية الحساب المكتبي وانما تتم كلها في الموقع مباشرة.




شكل ( 2.5) : طريقة الرصد المتحرك اللحظي Real Time Kinematic (RTK).

**8-2-2 العمل الميداني لأعمال المساحة :**

**أولا : الأجهزة والأدوات المستخدمة في الأعمال الميدانية للرصد المساحي**

1- جهاز Receiver GPS نوع Trimble R8.
2- جامع معلومات Data Collector.
3- شريحة انترنت.
4- حامل أجهزة ( شاخص).
5- شريط قياس (متر).
6- دفتر ملاحظات وسكيتشات.
7- خريطة جوية وخريطة هيكلية للموقع.

شكل (2.6) : جهاز GPS نوع Trimble R8.

**ثانيا : خطوات ما قبل العمل والتخطيط للعمل :**

1- جمع الخرائط الأولية وهي خريطة جوية وخريطة هيكلية للموقع وتحديد نقطة بداية ونهاية المشروع عليها.
2- تحديد الجهاز المراد استخدامه وطريقة العمل للرصد : وتم استخدام جهاز GPS نوع Trimble R8 وطريق الرصد كانت طريقة الرصد المتحرك اللحظي Real Time Kinematic (RTK) في العمل بالمشروع وكان الجهاز الثابت (المحطة) عبارة عن شبكة محطات تابعة لشركة محلية تم بناء محطاتها بالتعاون مع شركة Trimble العالمية.
3- تقسيم المجموعة إلى أفراد وإعطاء كل فرد مهمته وهي إعطاء الفرد الأول الرصد بالجهاز والفرد الثاني تسجيل الملاحظات على الدفتر ورسم السكيتشات والفرد الثالث استكشاف أمام المجموعة وتحديد نقاط الرصد وعمل متابعة لعدم نسيان أي نقطة لم يتم رصدها.

4- التأكد من الأجهزة قبل الخروج إلى الموقع وعمل معايرة للأجهزة والتأكد من شحن البطاريات وأنها تكفي لمدة العمل.
5- تجهيز وتأمين طرق المواصلات والذهاب والعودة بأمان من وإلى الموقع.
6- الانطلاق الى الموقع.

**ثالثا : خطوات العمل في الميدان:**

1- تثبيت الجهاز على الحامل وتثبيت جامع المعلومات عليه.
2- توصيل الجهاز بالانترنت لكي يتم اتصال بين الجهاز (Receiver) وشبكة المحطات (Bases Network) وضبط الاتصال بين جهاز Receiver وجامع المعلومات عن طريق تقنية البلوتوث Bluetooth.
3- ضبط مشروع عمل على الجهاز وتم تسميته باسم التفوح وتم ضبط هذا المشروع على نظام الإحداثيات الفلسطيني (Palestine Grid 1923) .
4- التأكد من الاتصال والتأكد من الدقة المعطاه من الجهاز.
5- بدأ عملية الرصد لكل المعالم الموجودة في الطريق بحدود 10 متر يمين و 10 متر يسار الطريق مثل : الاسفلت القائم والجدران القائمة و اعمدة الكهرباء واعمدة الاتصالات والسلسال القائم والسياج والبنايات واللوحات .
6- تم عمل وصف داخل الجهاز لكل نقطة تم رصدها وعمل سكيتشات لكل منطقة معقدة لكي لا يكون هناك أي مشكلة في توصيل النقاط.
7- التاكد من الدقة وقوة الإشارات وعدد الأقمار الصناعية من فترة إلى فترة.
8- في أماكن البنايات العالية تم أخذ نقطتين بعيدتين عن البناية وتم القياس من النقطة الأولى الى زاوية البناية ومن النقطة الثانية الى زاوية البناية وذلك لتفادي الأخطاء الناتجة عن انعكاس الاشارات.
9- إغلاق الجهاز وترتيبه في مكانه المخصص في الصندوق.
10- العمل المكتبي كان عبارة عن تنزيل النقاط الى صيغة CSV ،وتنزيلها إلى برنامج Civil 3D .
11- توصيل النقاط وعمل الوان وترتيب للمعالم المرصودة .

# الفصل الثالث

## التصميم الهندسي للطريق

1-3 المقدمة .

2-3 أسس عملية التصميم .

3-3 التخطيط الأفقي للطريق (Horizontal Alignment) .

4-3 القوة الطاردة المركزية .

5-3 التعلية ( Super elevation ) .

6-3 التخطيط الراسي للطريق ( Vertical Alignment ) .

7-3 التقاطعات على الطرق .

# التصميم الهندسي للطريق

## 3-1 مقدمة:

مرحلة التصميم الهندسي من أهم مراحل تصميم أي طريق ، حيث تكون هذه المرحلة من التصميم في المكتب وتسير جنبا إلى جنب مع عمليات المسح والعمل الميداني ، كما يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق ولذلك يجب أن يغطي هذا التصميم الميول سواء كانت طولية أو عرضية، والتصميم الأفقي والرأسي للطريق، ومسافات الرؤية والتوقف والتجاوز، وتصميم التقاطعات، ويجب أن يفي التصميم بالأمور المتعلقة بالسلامة المرورية على الطريق.

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

1. **التصميم الأفقي (Horizontal Alignment)**:

حيث يتم فيه بيان المنحنيات الأفقية و تحديد بداياتها و نهاياتها و كذلك تحديد أطوالها و زواياها و نقاط التقاطع فيها، و بالإضافة لذلك يتم بيان الجزء الوسطي و عرض الطريق و الحواجز الجانبية و نقاط المضلع المفتوح PI و كذلك تحديد اتجاه الطريق بالنسبة للشمال.

2. **التصميم الرأسي للطريق (Vertical Alignment)**:

إن التصميم الرأسي للطريق يتمثل في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية و تحديد الانحدار الجديد للطريق، حيث يتم بيان الطريق بالمستوى الرأسي و نشاهد كيف ترتفع و تهبط و نحدد مناطق الحفر و الردم، و كذلك من التصميم الرأسي للطريق يتم تحديد المنحنيات الرأسية و مسافات الرؤية .

3. **التصميم العرضي للطريق**:

حيث يتم في هذه المرحلة من التصميم تحديد شكل مقطع الطريق و ميولها العرضية و كذلك بيان سطح الطريق و عرضه.

⇦لتصميم طريق جديد أو تأهيل طريق قديم يجب الانتباه إلى عوامل مختلفة يتأثر بها التصميم ، وهي كما يلي:

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

## 2-3 أسس عملية التصميم:

تتوقف أسس التصميم على عوامل كثيرة منها:

- حرم الطريق .
- حجم المرور ( Traffic volume ) .
- تركيب المرور (Character of Traffic) .
- السرعة التصميمية (Design speed) .
- قطاع الطريق .
- عرض الحارة ( lane width ) .
- الأرصفة ( Sidewalks ) .
- الميول العرضية (Cross Slopes).
- الميول الطولية .
- الأكتاف (Shoulders).

### 1-2-3 حرم الطريق:

يجب أن يكون حرم الطريق متسع بما فيه الكفاية ليشمل أجزاء القطاع جميعها بالإضافة إلى عرض إضافي حيث أن العرض الإضافي يلزم لعدة استخدامات منها مسار للمشاة أو مسار لمستلزمات المرافق أو وضع العلامات الاسترشادية أو الإعلانات أو التشجير ،هذا بالإضافة إلى عرض قد يخصص للتوسع في الطريق مستقبلا وشراء حرم الطريق في مرحلة أفضل من نزع الملكية من أصحابها في المستقبل والجدول التالي يبين الطريق وعرض حرم الطريق حسب نظام AASHTO.

جدول (3.1) : نوع الطريق وعرض حرم الطريق.

| نوع الطريق | عرض حرم الطريق (م) |
|---|---|
| **طريق من مسارين** | **36-22** |
| **طريق من ثلاثة مسارات** | **42-30** |
| **طريق من أربعة مسارات** | **93-37** |

◄ وفي مشروعنا حرم الطريق من خط الوسط إلى الارتداد 8 امتار حسب المخطط الهيكلي للبلدة.

### 2-2-3 حجم المرور (Traffic Volume) :

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

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

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

### 4-2-3 السرعة التصميمية (Design speed):

وتعرف السرعة التصميمية بأنها أعلى سرعة مستمرة يمكن أن تسير بها السيارة بأمان على طريق رئيسي عندما تكون أحوال الطقس مثالية و كثافة المرور منخفضة وتعتبر مقياساً لنوعية الخدمة التي يوفرها الطريق بالسرعة التي يتم تصميم الطريق على أساسها، بالإضافة الى التركيب والحجم المروري الساعي، والجدول ( 2.3 ) يوضح السرعة التصميمية للطرق الحضرية حسب نظام AASHTO .

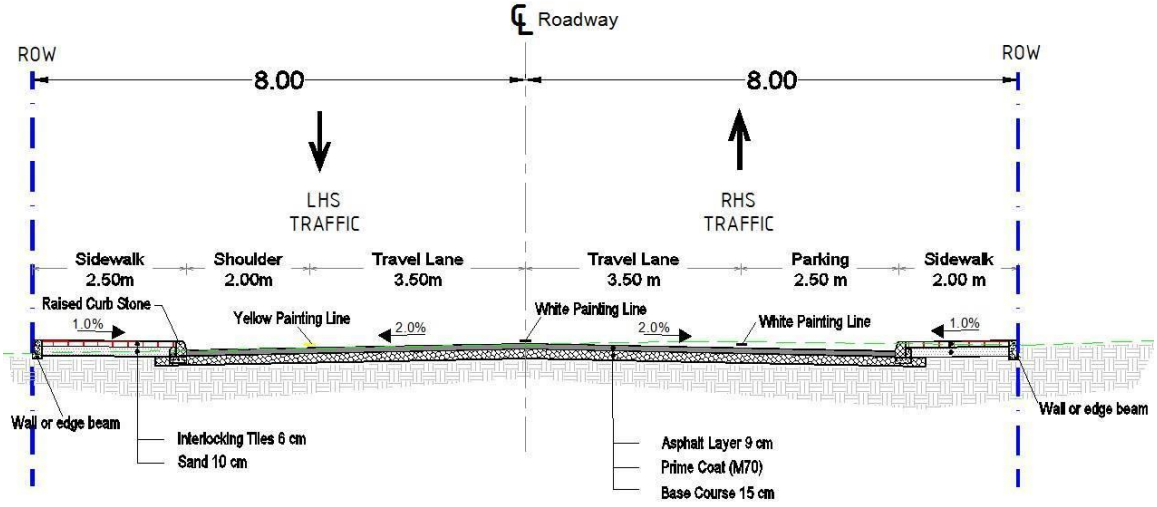
جدول (3.2) : حسب تصنيف الطريق .

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

◄ في مشروعنا يكون نوع الطريق عبارة عن طريق محلي بسرعة تصميمية 50 وسرعة دنيا 30 .

### 5-2-3 قطاع الطريق:

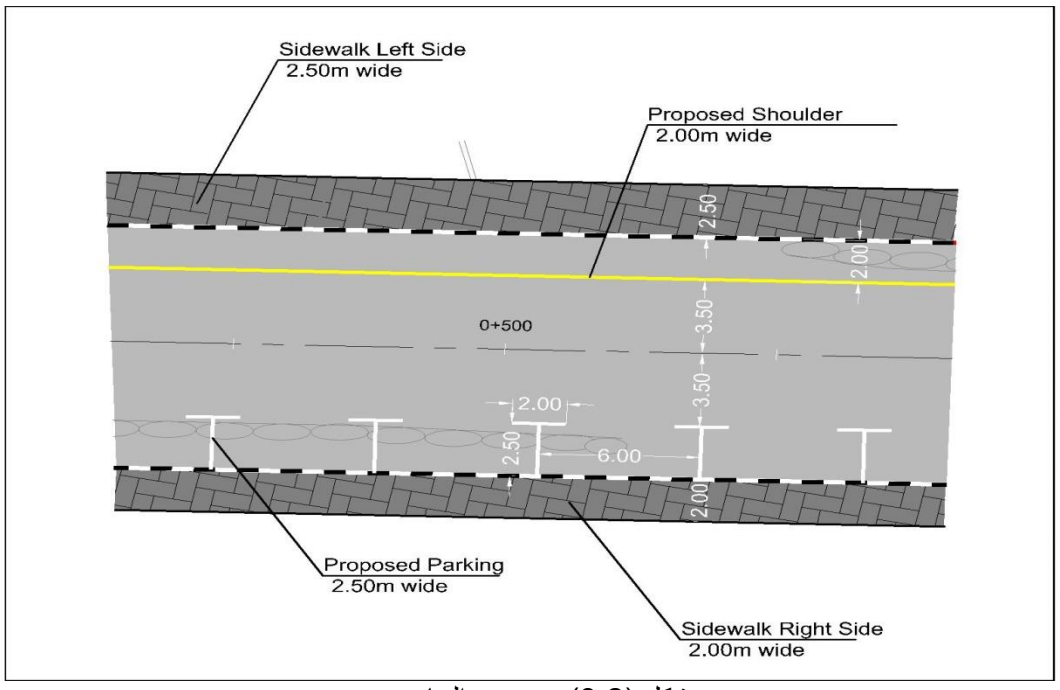
إن الاستفادة من الطريق تتوقف على تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطريق ، فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من السيارات وبسرعة عالية يتطلب عدد كبير من حارات المرور ومنحنيات ذات أنصاف أقطار كبيرة نسبيا وانحدارات طولية صغيرة لذلك يجب الاهتمام بأرصفة الطرق المتسعة وعمل الجزر الفاصلة بين اتجاهي المرور. والشكل (1.3) يوضح شكل عام لمقطع عرضي الطريق.




شكل (3.1) : مقطع عرضي للطريق من حارتين .

### 6-2-3 عرض الحارة (lane width):

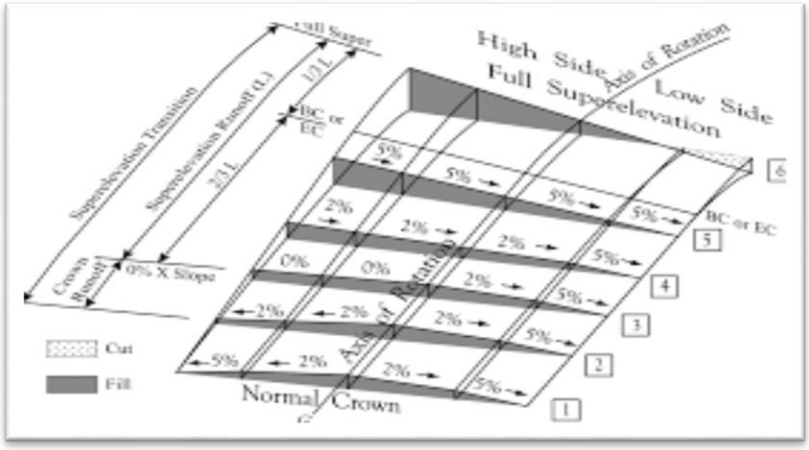
إن عرض المسرب الواحد يختلف حسب درجة و مستوى و نوعية الطريق ، حيث أنه يلعب عرض المسار دورا كبيرا في سهولة القيادة و درجة الأمان على الطريق، فبعد رسم سطح الطريق يتم تحديد عرض هذا السطح حيث يجب أن لا يقل عرض المسار عن (2.75 م) في جميع الأحوال.في حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة (3.75 م) نظرا لمرور عربات النقل و السرعة الكبيرة بشكل عالي، حيث كلما أردنا أن نزيد سرعة السيارات و الشاحنات التي تسير على المسرب توجب علينا أن نزيد عرض المسارب ، وقد اختير في المشروع أن يكون عرض الحارة 3.5 متر .




شكل (3.2) : عرض الحارة .

### 7-2-3 الميول العرضية (Cross Slopes) :

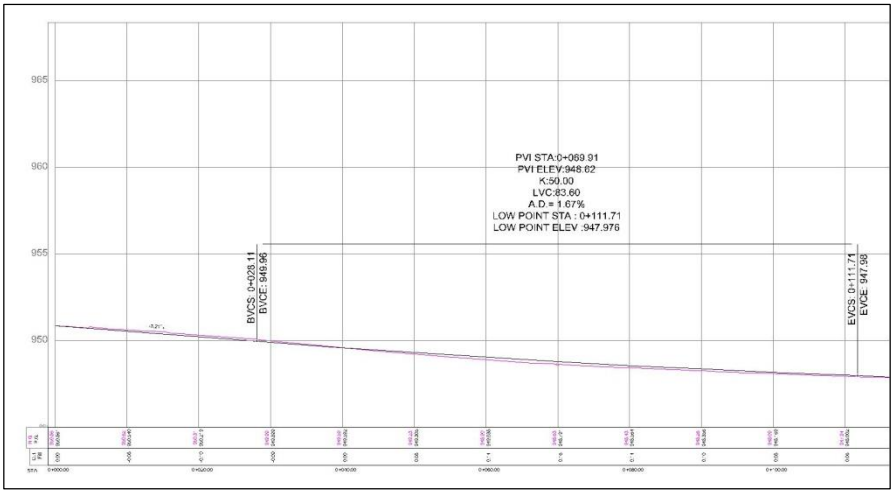
إن الميول العرضية يتم عملها للطريق من أجل تصريف المياه المتواجدة على سطح الطريق، حيث يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور وبصفة عامة يتم عمل ميل عرضي للرصف بحيث يكون اتجاه الميل إلى أماكن تجميع وتصريف مياه الأمطار. والميول الجانبية الحادة غير مرغوبة في أماكن المماسات في التخطيط الأفقي لما يمكن أن تسببه من تأثير على المركبة وإمكانية انسياقها إلى الحافة الهابطة للطريق. والميل العرضي حتى 5.1٪ مقبولٌ حيث لا يلاحظه السائق ولا يؤثر على المركبة .




شكل ( 3. 3) : الميول العرضية على الطريق.

### 8-2-3 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 أقل ميل لصرف الأمطار في الاتجاه الطولي للطريق .




شكل (3.4): الميول الطوليه للطريق .

### 9-2-3 الأكتاف (Shoulders ):

إن الطرق الخلوية تزود بأكتاف جانبية تستخدم لتوقف المركبات بشكل طارئ و كذلك للمحافظة على طبيعة الأساس و السطح الخاصة بالطريق، و الحاجة للأكتاف و نوعها يتوقف على نوع الطريق و جسم و سرعة العربات و تركيب المرور و طبيعة المنطقة التي يمر فيها الطريق، و يتراوح عرض الكتف بين (3.6-1.25م) للطرق السريعة و ( 3.6-2.5م ) للطرق التي يزيد حجم المرور السرعة التصميمية فيها عن (100) عربة، لذلك تم اختيار اكتاف الطريق في المشروع 2.00 متر .

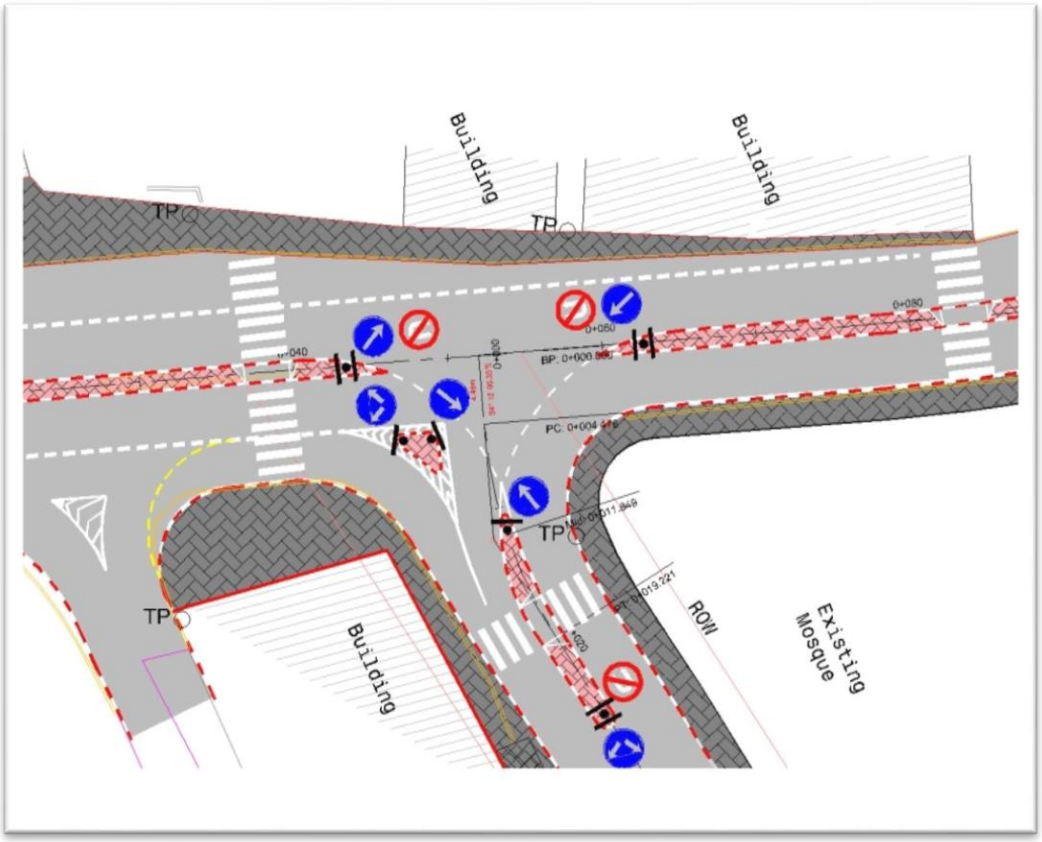
و يجب أن تزود الأكتاف بميول عرضيه كافية لتصريف المياه من الطريق، و لكن يجب أن لا يزيد هذا الميل عن الحد الذي قد يسبب خطورة على المركبات التي تتوقف على الطريق، حيث يوجد عدة أنواع من أكتاف الطريق فمنها أكتاف ترابية أو مصبوبة أو اسفلتية و يختلف نوع سطحها حسب سطح الطريق الرئيسي.

### 10-2-3 ممرات المشاة (معابر المشاة ):

تعتبر ممرات المشاة من المناطق الحرجة في شبكات حركة المشاة،وهي ذلك الجزء من الطريق الذي صمم لعبور المشاة بشكل متعامد مع حركة المركبات .ويمكن أن يكون محدد بخطوط الدهان أو جسر فوق الطريق أو نفق تحت الطريق .

وتعتبر الممرات المتقاطعة والمميزة بالعلامات أكثر فاعلية بحيث يستطيع السائقين تحديدها بسهولة ،كما أن المشاة بما فيهم ضعفي البصر يمكنهم الاستفادة من علامات ممرات المشاة الواضحة .وتساعد معابر المشاة في الحفاظ على المشاة وحمايتهم وتنظيم حركتهم أثناء عبور الطريق بالإضافة إلى أنها تزيد من انتباه السائقين لإمكانية عبور المشاة ، يمكن إيجاز العوامل الهامة في اختيار مكان ممرات المشاة عند التقاطعات كما يلي :

1. ان يعطي مكان خط التوقف الاحساس بالأمان للمشاة وعدم الخوف من احتمال تجاوزه من قبل المركبات . بحيث يبعد خط التوقف (2م)عن معبر المشاة ليعطي مسافة خالية آمنة .
2. يجب أن يكون الممر مفصولا عن حركة المرور الموازية بمسافة كافية وهذا يتحقق بتقصير الجزيرة المسافة لاتقل عن (1م)من طرف حارة المرور الجانبية الموازية لمعبر المشاة .
3. عند المعابر ذات الإشارة الضوئية تكون مسافة الرؤية هي مسافة التوقف الآمنة حسب السرعة التصميمية للطريق الداخل إلى التقاطع .
4. يجب تامين مسافة رؤية كافية عند المعابر التي لا يوجد فيها إشارات ضوئية لكي يرى المشاة السيارات القادمة إلى التقاطع .




الشكل (3.5) : ممر مشاة دهان .

### 3-3 التخطيط الأفقي للطريق (Horizontal Alignment):

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

❖ **المنحنيات الأفقية :**

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

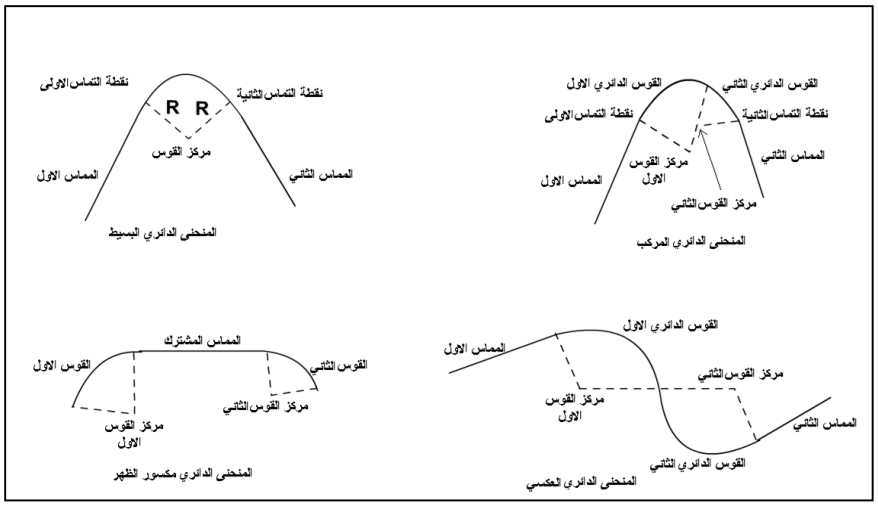
أنواع المنحنيات:-

- المنحنيات الدائرية.
- المنحنيات الانتقالية.

**أولا : المنحنيات الأفقية الدائرية:-**

وتنقسم إلى أربعة أقسام رئيسية:

1- المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves.
2- المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves.
3- المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر Broken-Back Circular Curves.
4- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves.

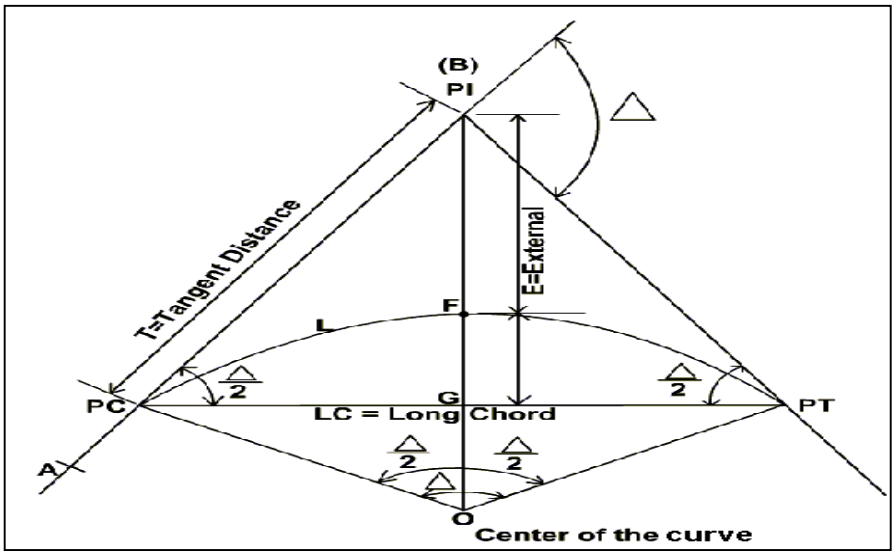



الشكل (3.6) : أنواع المنحنيات الدائرية.

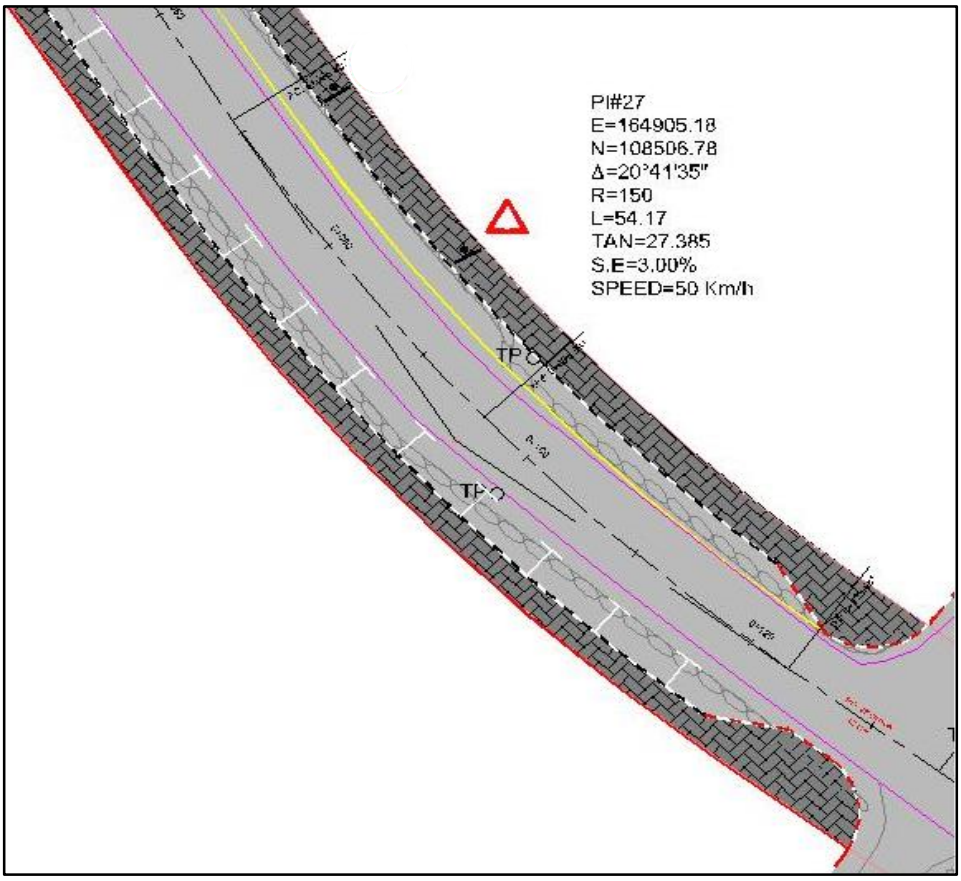
**⇦ المنحنيات الدائرية البسيطة (Simple Circular Curves):-**

- عناصر المنحنى الدائري البسيط:-

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




الشكل (3.7) : عناصر المنحنى الدائري البسيط .




شكل (3.8) : مقطع يمثل المنحنى الدائري البسيط .

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

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

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

- مركز المنحنى ونرمز له (**O**).
- الوتر الجزئي الأول ويرمز له (**C1**) وهو طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الأولى بأول نقطة على المنحنى حيث يلجأ إلى إعطاء طول للوتر الجزء الأول بحيث تصبح محطة النقطة الأولى من المنحنى رقم مدورا مناسبا يقبل القسمة على 20 أو25.
- الوتر الجزئي الأوسط يرمز له (**C**) وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل بين أي نقطتين متتاليتين على المنحنى ما عدا الأولى والأخيرة ، ويكون طوله في العادة رقما مدورا و مناسبا 20،25 ،10 مترا.
- الوتر الجزئي النهائي (**C2**) وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية بالنقطة التي تسبقها مباشرة ، وحيث يكون طوله مكملا لطول المنحنى.
- زاوية الانحراف الجزئية الأولى (**d1**), وهي عبارة عن الزاوية الوسطية المحصورة بين المماس الأول أو الخلفي و بين الوتر الجزئي الأول وتساوي نصف الزاوية المركزية.
- زاوية الانحراف الجزئية الوسطى(**d**) وهي الزاوية الأفقية بين أي وتر جزئي أوسط وبين مماس المنحنى الدائري.
- زاوية الانحراف الجزئية النهائية (**d2**) وهي الزاوية الأفقية المحصورة بين الوتر الجزئي النهائي وبين المماس للمنحنى الدائري في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي النهائي.

❖ معادلات المنحنى الدائري البسيط:

**1- طول المماس (T)**

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....(1.3)}$$

**2- المسافة الخارجية ( E)**

$$E = R(\sec(\Delta/2)-1) \quad \text{.....(2.3)}$$

**3- سهم القوس (M)**

$$M = R(1-\cos(\Delta/2)) \quad \text{..... (3.3}$$

**4- الوتر الطويل(LC)**

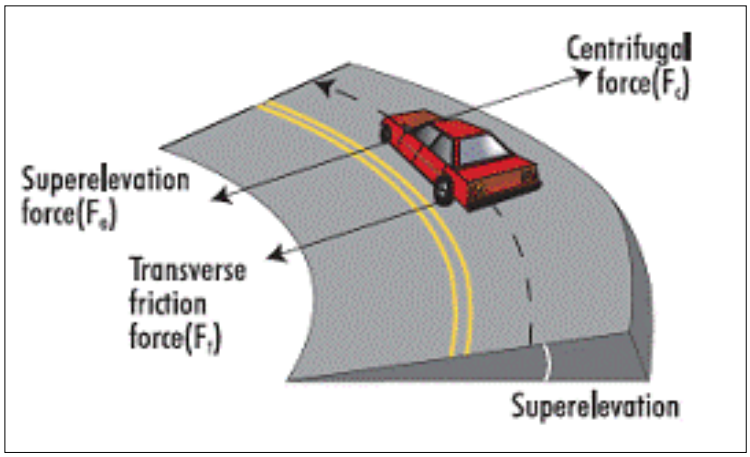
$$LC = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \quad \text{..... (4.3)}$$

**5- طول المنحنى (L)**

$$L = \frac{\pi R\Delta}{180} \quad \text{.....(5.3)}$$

### 4-3 القوة الطاردة المركزية:

عندما تكون قيمة نصف القطر تقترب من اللانهاية تكون عندها قيمة القوة الطاردة المركزية تساوي صفر. ولمنع تغير قيمة القوة الطاردة المركزية من قيمة صغرى (صفر) إلى قيمة عظمى بشكل فجائي نلجأ إلى المنحنيات المتدرجة لتشكل حلقة وصل بين الجزء المستقيم والمنحنى الدائري، وبالتالي تعمل على امتصاص القوة الطاردة المركزية بشكل تدريجي ،كما في الشكل (3-9) .




الشكل(3.9) : تأثير القوة الطاردة المركزية على المركبات.

والمعادلة (6.3) توضح قيمة القوة الطاردة المركزية بالاعتماد على عده عوامل .

$$P=\frac{wv^2}{gR}=\frac{mv^2}{R} \quad \text{.....(6.3)}$$

حيث أن:

$p$ : القوة الطاردة المركزية.

$m$ : كتلة المركبة.

$R$ : نصف قطر المنحنى.

$v$ : سرعة المركبة.

يمكن كتابة العلاقات الرياضية كما في المعادلة (7.3):

$$\tan\alpha=P_1=\left(\frac{mv^2}{r}\right)/(mg)=\frac{v^2}{gr} \quad \text{.....(7.3)}$$

حيث أن:

r : نصف قطر المنحنى المتدرج في إحدى نقاطه

$P_1$ : الميل العرضاني لسطح الطريق ضمن الجزء الخاص بالمنحنى المتدرج

α : الزاوية الراسية

### 5-3 التعلية (Super elevation):

التعلية هي عملية جعل الحافة الخارجية للطريق أعلى من الحافة الداخلية ، وذلك من أجل تفادي القوة الطاردة المركزية وقيمة الميل العرضي تتراوح من 4% - 7% وقد تصل إلى 9% حسب الأنظمة المختلفة المعمول بها في كل دوله.

ويمكن حساب قيمة التعلية وفقا للمعادلات (8.3):

$$e+f=\frac{(0.75\times v)^2}{127\times R} \quad \text{.....(8.3)}$$

حيث أن:

R : هي نصف القطر الدائري بالمتر.

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

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

f: هي معامل الاحتكاك الجانبي، وأقصى قيمة يمكن قبولها هي 0.16، فإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max فإننا نقوم بتثبيت قيم e , f عند قيمهم القصوى، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، ونحسب السرعة حسب المعادلة (9.3):

$$V=\sqrt{[127R(e\max+f\max]} \quad \text{.....(9.3)}$$

تتراوح قيمة معامل الاحتكاك الجانبي القصوى حسب السرعات المختلفة وذلك بناء على الجدول (3-3):

جدول(3.3): قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية .

| السرعة التصميمية كم/ساعة | معامل الاحتكاك (F) |
|---|---|
| 30 | 0.17 |
| 40 | 0.17 |
| 50 | 0.16 |
| 60 | 0.15 |
| 70 | 0.14 |
| 80 | 0.14 |
| 90 | 0.13 |
| 100 | 0.12 |
| 110 | 0.11 |
| 120 | 0.09 |

الحد الأقصى لمعدل ارتفاع ظهر المنحنى في حالة المرور المختلط يؤخذ عادة 1: 15 ( 0,067 لكل متر ) كما أن الحد الأدنى يجب أن لا يقل عن الميل العرضي اللازم لصرف مياه الأمطار والجدول (3-4) يوضح ذلك.

جدول (3.4): قيم الرفع الجانبي المرغوبة لعدة طرق مختلفة .

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

◄ والقيمة المستخدمة في مشروعنا لأقصى قيمة رفع جانبي مرغوبة هي 08 .0 متر / متر ومطلقة 0.1 متر/متر.

جدول (3.5): أقل نصف قطرللمنحنى بدلالة السرعة التصميمية ودرجة الرفع الجانبي للطريق والاحتكاك الجانبي

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

❖ **الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق(Super elevation):**

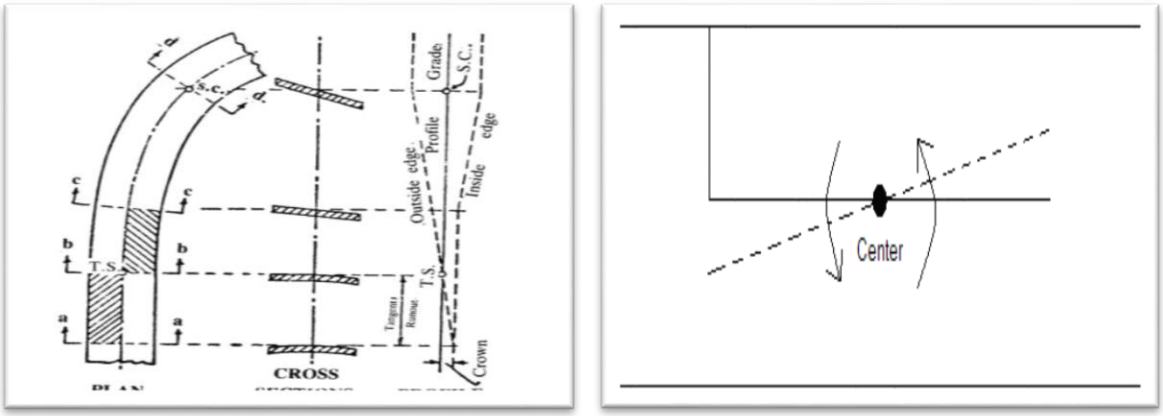
- **الطريقة الأولى :-**

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 (3.10) : الدوران حول الحافة الداخلية.

- **الطريقة الثانية :-**

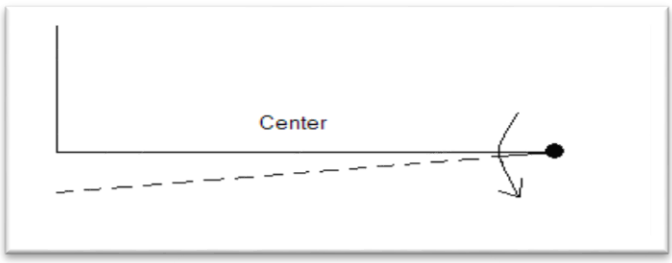
يبقى محور الطريق ثابتا، ويبدأ جانب الطريق بالارتفاع والدوران حول المحور وبنفس الوقت يبقى الجانب الآخر ثابتا حتى يصبح كامل السطح على استقامة واحدة، يبدأ بعد ذلك الجانب الآخر بالانخفاض، والجانب الأول بالارتفاع ويبقى سطح الطريق على استقامة واحدة ويستمر الدوران حول محور الطريق حتى يتحقق الميلان المطلوب،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




شكل (3.11): الدوران حول المحور.

- **الطريقة الثالثة :-**

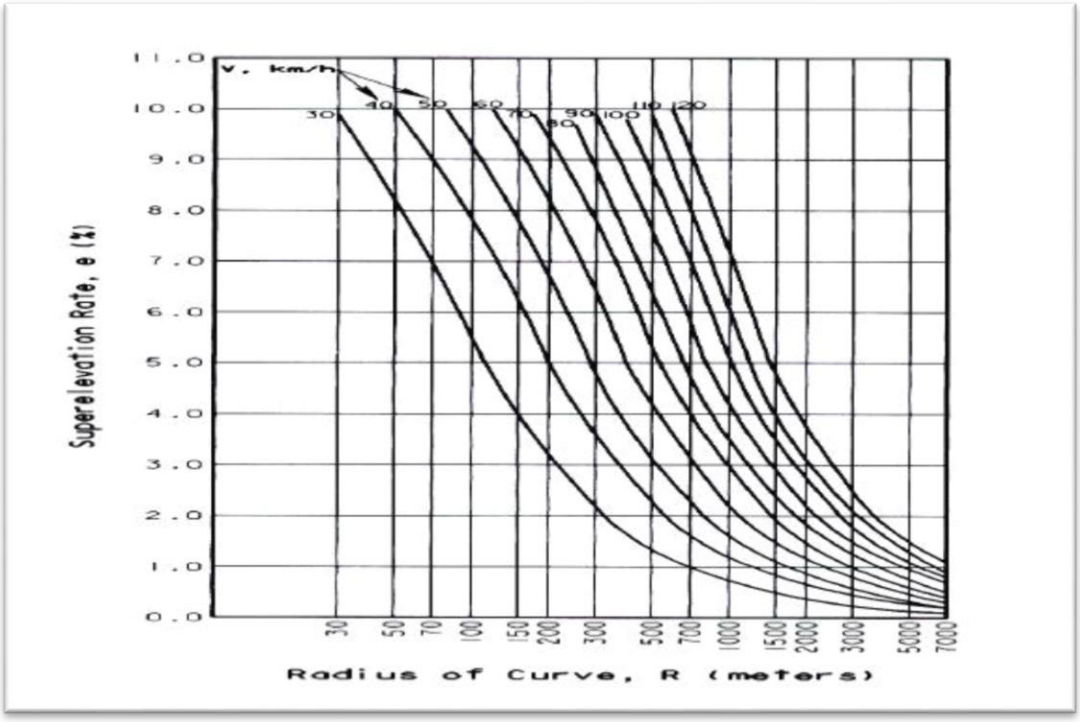
يبدأ كامل سطح الطريق بالانخفاض و الدوران حول طرف الطريق الخارجي ( ظهر المنعطف)، حتى يصبح سطح الطريق على استقامة واحدة، بعدها يحصل دوران لكامل السطح حتى يصل للميلان المطلوب.




شكل (3.12) : الدوران حول الحافة الخارجية.

◄ والطريقة التي سوف نستخدمها هي الطريقة الثانية الدوران حول المركز (المحور).

والشكل التالي يبين العلاقة بين نصف قطر المنحنى ومعدل ارتفاع ظهر المنحني بالاعتماد على المواصفات الموصى بها م نقبل الاشتو والذي تم استخدامه في تصميم الطريق:




شكل ( 3.13) : العلاقة بين نصف القطر والتعلية .

### 6-3 التخطيط الراسي للطريق:-(Vertical Alignment ):

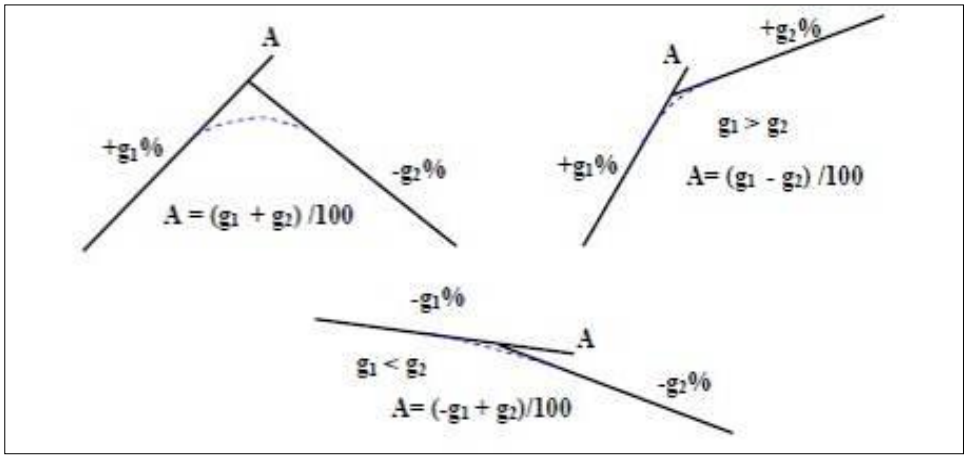
إن عملية الانتقال من اتجاه إلى اتجاه آخر في المستوى الرأسي تتم من خلال عمل منحنيات رأسية تسهل هذه العملية، وهو يتمثل في تحديد ارتفاع الأرض الطبيعية وتحديد الانحدار الجديد للطريق، حيث يتم بيان الطريق بالمستوى الرأسي ونشاهد كيف ترتفع وتهبط ونحدد مناطق الحفر والردم، وكذلك من التصميم الرأسي للطريق يتم تحديد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

### 3-6-1 أنواع المنحنيات الرأسية :

**1. المنحنيات الرأسية المحدبة(Crest).**

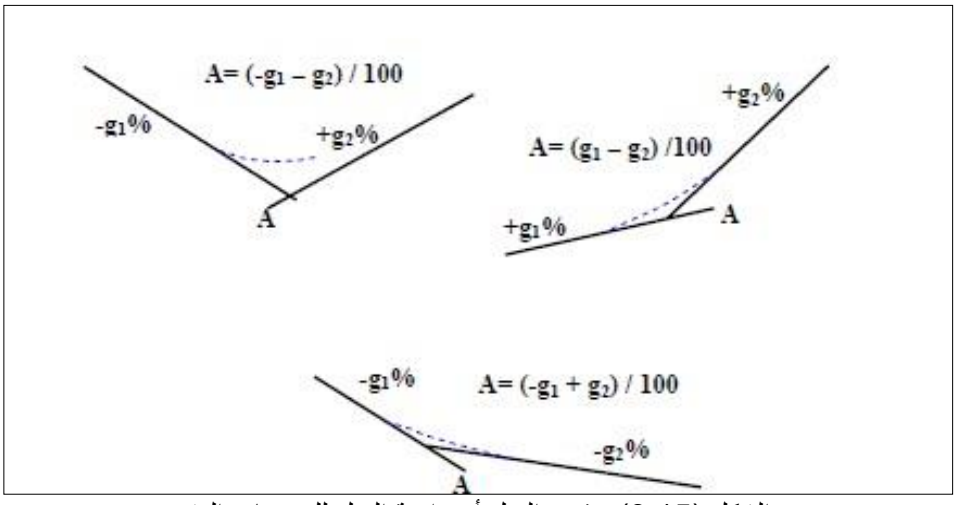
ويكون المنحنى محدب إذا كان الفرق الجبري للميول A موجب كما يوضح الشكل (14.3).




الشكل (3.14) : فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المحدبة.

**2. المنحنيات الرأسية المقعرة(Sag):**

ويكون المنحنى مقعرا إذا كان الفرق الجبري للميول A سالب كما هو في الشكل (15.3).



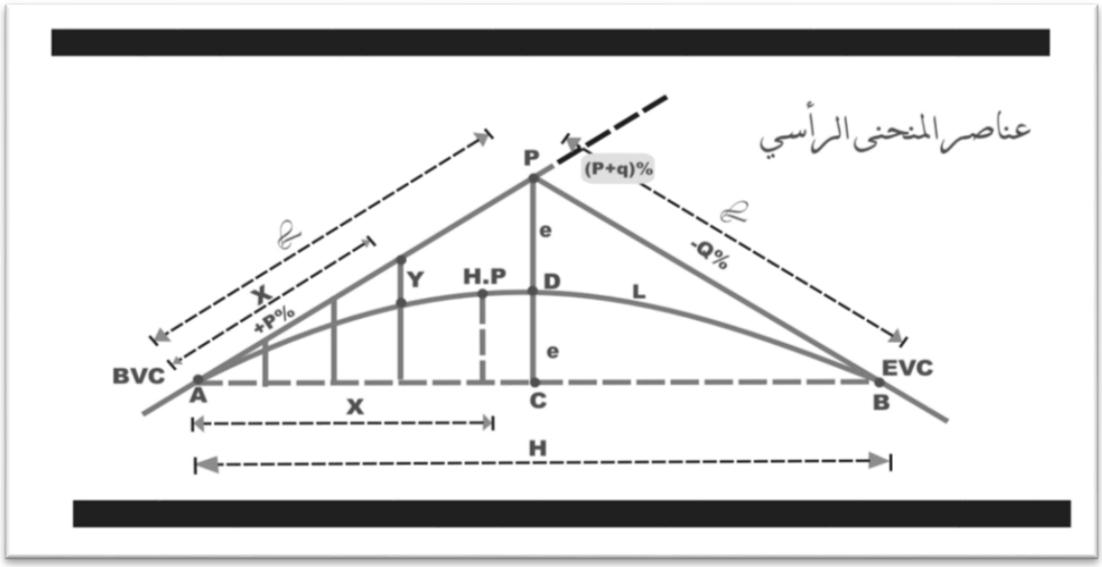

الشكل (3.15) : فرق الميل أو زاوية الميل للمنحنيات المقعرة .

### 2-6-3 عناصر المنحنى الرأسي:

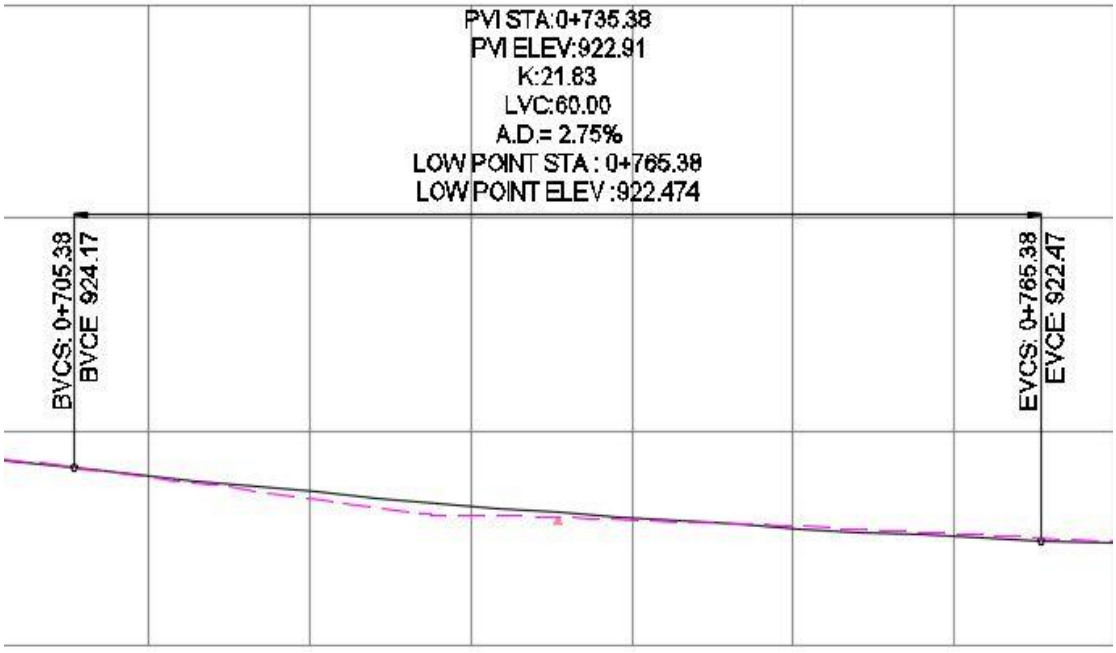
من الشكل (16.3) فان عناصر المنحنى الرأسي هي كالتالي:

- 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**




شكل (3.16): عناصر المنحنى الراسي .




شكل (3.17) : مقطع يمثل عناصر المنحنى الراسي .

### 3-6-3 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.

جدول (3.6): قيمة الميول الراسية العظمى .

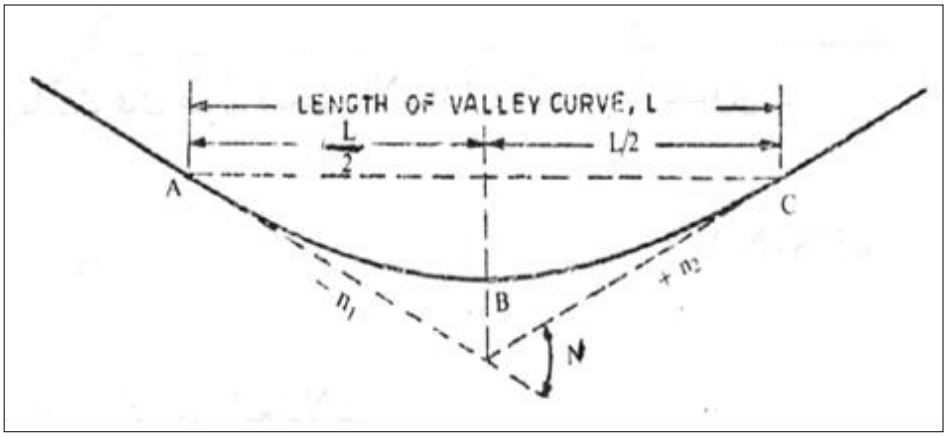
| السرعة التصميمية DESIGN SPEED KPH | منبسطة FLAT % | تلالي HILLY % | جبلية MOUNTAINOUS % |
|---|---|---|---|
| 50 | 6 | 8 | 9 |
| 65 | 5 | 7 | 8 |
| 80 | 4 | 5 | 7 |
| 90 | 3 | 4 | 6 |
| 100 | 3 | 4 | 6 |
| 110 | 3 | 4 | 5 |
| 120 | 3 | 4 | - |
| 130 | 3 | 4 | - |

### 4-6-3 طول المنحنى الرأسي :

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

**1- راحة المسافرين (comfort of passenger ):**

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية ( القاع) على أساس توفير راحة المسافرين،حيث يحدد الطول على أساس القوة الطاردة المركزية وتساوي 0.6 م/ ث$^2$، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (3.18) فإن طول منحنى الاستدارة السفلي ABC في المنحنى الرأسي والذي يساوي L حيث AB , BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقالي .




شكل (3.18) : منحنى رأسي قاعي .

**Ls = L/2**

$\rightleftharpoons$ **L = 2*[ N V$^3$/C]$^{0.5}$** ……..(10.3)

حيث أن:

**V:** السرعة التصميمية م / ث

**C:** معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي 0.6 م / ث$^2$

**N:** زاوية انحراف المماسين

وبعد إيجاد طول المنحنى حسب المعادلة السابقة يتم التحقق من أن طول المنحنى اقل من ( maximum impact factor) المسموح بها وهي 17% حسب المعادلة التالية:

**I max = [(200 * N * V$^2$) / (g*L)] % < %17**…..... (11.3)

فإذا كان الناتج اقل من (maximum impact factor) المسموح فيها وهي 17% فإن الطول يكون ملائما ويحقق راحة المسافرين.

### 2- مسافة الرؤية (Sight Distance ):

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

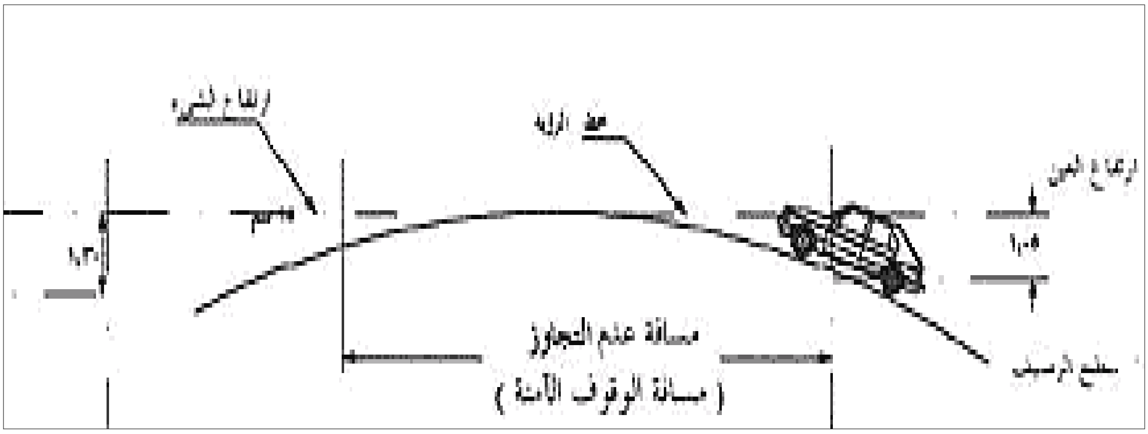
### 3- مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance):

وهذه المسافة يمكن تعرفها بأنها أقل مسافة لا بد من تواجدها على طريق لكي يتمكن السائق أن يوقف بأمان سيارة تسير بأقصى سرعة تصميمية للطريق دون خطر الاصطدام بعائق موجود على الطريق بارتفاع 10 سم.

ويلاحظ أن هذه المسافة لا بد من توافرها على جميع أجزاء الطريق سواء كان الطريق مكون من حارتين أو متعدد الحارات. والجدول (7.3) يوضح القيم الصغرى لمسافات الرؤية الضرورية للتوقف الآمن والمتناسبة مع قيم مختارة للسرعة التصميمية.

جدول (3.7) :العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف .

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




الشكل (3.19) : يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن .

**حساب مسافة الإيقاف :**

$$SD = 0.278\,V\,t + \frac{V^2}{254 f} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1.23)$$

حيث أن:

V: سرعة العربة (كم/ساعة).

f: معامل الاحتكاك.

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية).

المعادلة (12.3) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عـائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالعدد (2).

جدول(3.8): العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك.

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

### 7-3 التقاطعات على الطرق:

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

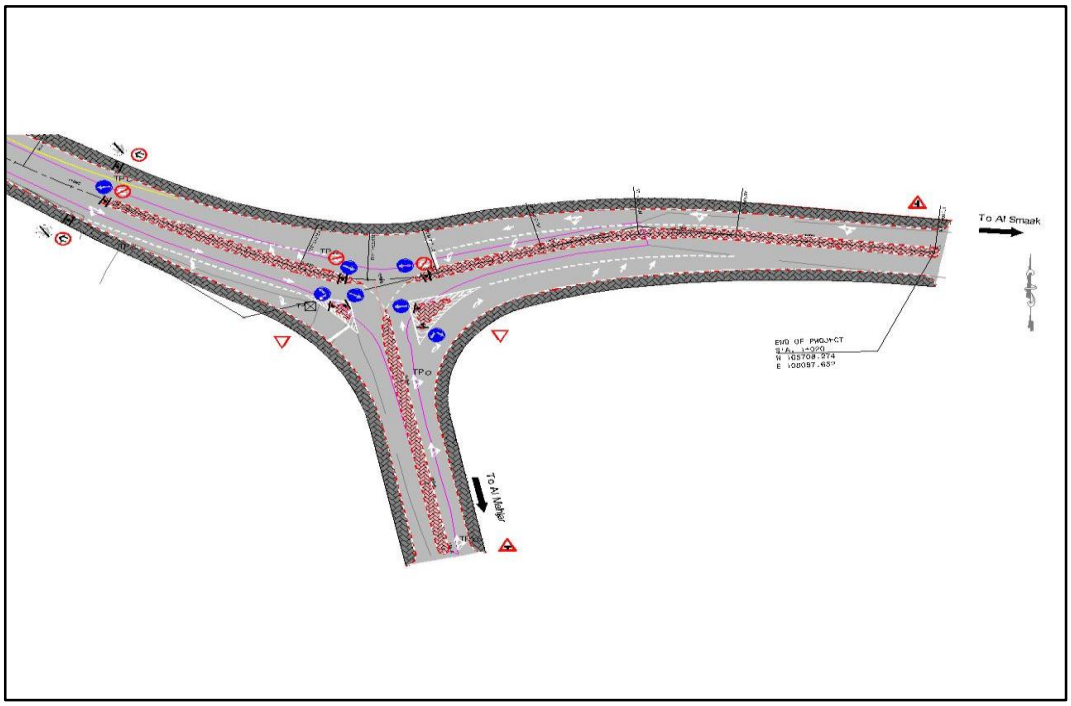
تشكل التقاطعات جزءا هاما من الطريق لأن فعالية الحركة والسلامة والسرعة وتكاليف التشغيل وسعة الطريق كلها تعتمد بشكل رئيسي على التقاطع، إذ ليس من المعقول تصميم طريق سريعة وعريضة مع وجود تقاطعات ضيقة.

❖ **أنواع التقاطعات:**

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

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

إن عملية التصميم تعتمد على طبيعة ونوع التقاطع فيما إذا كان تقاطعا بسيطا أو جرسياً أو ذا قنوات أو دوارا أو تقاطعا مفصولاً.




الشكل (3.20) : تقاطع طريق .

# الفصل الرابع

## التحليل المروري

**4-1 مقدمة**

**4-2 حجم المرور**

# التحليل المروري

## 1-4 مقدمة :

قبل البدء بتصميم الطريق يجب أخذ حجم المرور و كثافته على ذلك الطريق بعين الاعتبار (حجم المرور من الأسس الرئيسية). فإذا كان الطريق مصمم على أرض الواقع يتم حساب حجم المرور اليومي المتوسط (ADT) للمرور في الاتجاهين، وحجم المرور الساعي التصميمي (DHV) للمرور في الاتجاهين .

حجم المرور و كثافته عن طريق معرفة عدد السيارات التي تستخدم هذا الطريق للسير عليه .أما إذا أردنا فتح طريق جديدة فيتم حساب حجم المرور و كثافته بالرجوع إلى دراسة المنطقة التي سوف يخدمها الطريق هل هي سكنية أو صناعية أو زراعية حيث أنه على أساس ذلك نقوم بتصميم الطريق . و يتم ذلك عن طريق حساب المعدل اليومي و السنوي للمرور، إن معرفة حجم السير مهم جدا في عملية تخطيط وتصميم الطرق وذلك من أجل تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.

بالإضافة إلى هذا فإنه يجب تحديد نسبة المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة وخاصة للاتجاه السائد الذي يتراوح عادة بين ( 50-60 )% من حجم المرور الكلي للاتجاهين .

## 2-4 حجم المرور (Traffic Volume):

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

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

- المتوسط السنوي لحجم المرور اليومي Annual Average Daily Traffic (AADT) :
  و هو حجم المرور السنوي مقسوما على عدد أيام السنة ويتراوح من 700 – 1000 مركبة.
- المتوسط اليومي لحجم المرور Average Daily Traffic (ADT) :

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

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

$$V = D * S$$

### 1-2-4 تعداد المركبات :

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

- معرفة عدد السيارات بالساعة الواحد خلال اليوم وأيام السنة كاملة، وتحديد الساعات التي يمر بها العدد الأقصى من المركبات واختيار ثلاثين ساعة على مدار السنة كاملة.

- عدد السيارات يوميا على مدار السنة وتحديد الأيام والأشهر التي يكون فيها الازدحام اكبر ما يمكن.
- إيجاد المعدل اليومي للسير Average Daily Traffic –ADT : وهو مجموع المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال عدد من الأيام مقسوما على عدد تلك الأيام.
- معدل السير السنوي Annual Average Daily Traffic –AADT : وهو مجموع عدد المركبات التي تمر عن نقطة معينة خلال السنة مقسوما على عدد أيام السنة.
- تحديد نوعية المركبات المناسبة الذي سيتم اعتمادها في التصميم، لأن التصميم لا يعتمد على معدل السير اليومي أو السنوي وذلك لان معرفتهما مهم في رسم وتخطيط سياسة الطرق ودراستها، ولكن عند تصميم المنحنيات والانحدارات يعتمد على نوعية المركبات وساعات ازدحامها فلذلك يمكن اعتبار حجم السير للتصميم بما يعادل( 8% - 18% ) من معدل السير اليومي.

### 4-2-2 فترات التعداد:

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

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

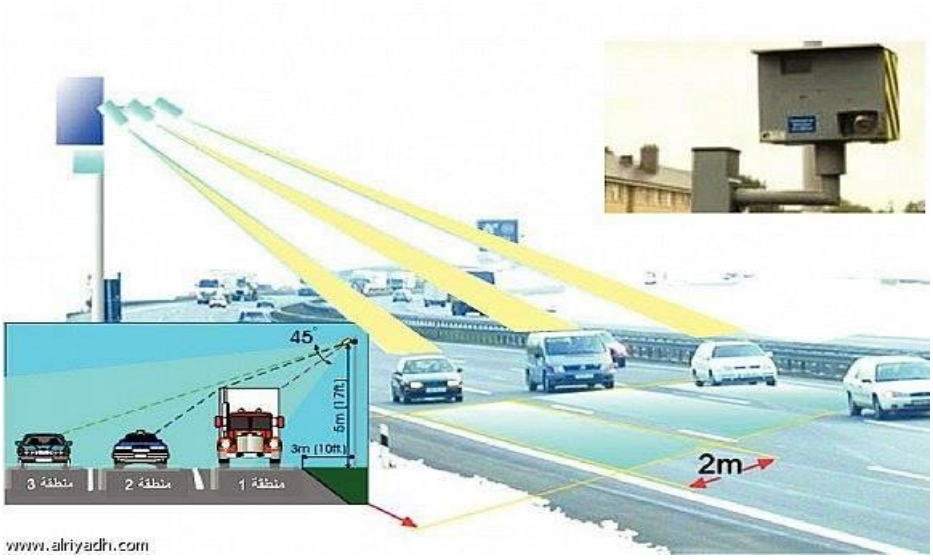
### 4-2-3 طرق إجراء التعداد:

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

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

صورة (1.4): العد اليدوي للمركبات .

❖ **العد الآلي (الميكانيكي) :** ويتم ذلك باستخدام أجهزة مختلفة منها أجهزة التصوير والرادار. وتمتاز هذه الطريقة بأنها غير مكلفة، ولكن هذه الأجهزة لا تستطيع تصنيف المركبات إلى أنواع وتحتاج إلى صيانة مستمرة.




شكل (2.4) : العد الآلي (الميكانيكي) للمركبات .

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

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

والجدول (1.4) يبين متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع .

جدول (4.1) : متوسط عدد المركبات لكل ساعة حسب النوع.

| متوسط عدد المركبات لكل ساعة للداخل الى الطريق | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Day | PC | VAN | Bus | 3-Axle | 4,5,6 - Axle | Articulated 3,4,5,6 - Axle | Tractor, Animal Cart |
| Tues | 5 | 1 | 0 | 4 | 0 | 3 | 2 |
| Wed | 8 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 4 |
| متوسط عدد المركبات لكل ساعة للخارج من الطريق | | | | | | | |
| Day | PC | VAN | Bus | 3-Axle | 4,5,6 - Axle | Articulated 3,4,5,6 - Axle | Tractor, Animal Cart |
| Tues | 6 | 2 | 0 | 5 | 0 | 2 | 3 |
| Wed | 11 | 1 | 0 | 4 | 0 | 2 | 2 |

إن المعلومات التي تظهر في الجدول (4.2) يتم تحويلها إلى عدد من المركبات المكافئة باستخدام معادلات وفقا للمواصفات الأردنية المتبعة في فلسطين كما في الجدول (4.2):

جدول (4.2): معاملات أنواع المركبات وفقا للمواصفات الأردنية .

| Type of Vehicle | Factor |
|---|---|
| PC + VAN | 1 |
| Bus | 2.5 |
| 3-Axle + 4,5,6 – Axle + Articulated 3,4,5,6 – Axle + Tractor and Animal Cart | 3 |

أي أن :

⇦ **عدد السيارات الكلي للداخل الى الطريق =**

[( عدد السيارات الصغيرة X 1 ) / (عدد ايام العد)] + [( عدد الباصات X 2.5 ) / (عدد ايام العد)]

+ [( عدد السيارات الثقيلة X 3 ) / (عدد ايام العد)] =

[2 / ( 1 * 14)] + [2 / ( 2.5*0 )] + [2 / ( 3 * 16 )] = 7 + 0 + 24 = **31**

⇦ **عدد السيارات الكلي للخارج من الطريق =**

$$[\ 2 / (\ 1 * 20\ )\ ] + [\ (\ 0\ )\ ] + [\ 2 /(\ 3 *\ 18\ )\ ] = 10 + 0 + 27 = 37$$

⇦ معدل المرور اليومي AADT للداخل الى الطريق = 31× 24

= 744 سيارة / يوم

⇦ معدل المرور اليومي AADT للخارج من الطريق = 37× 24

= 888 سيارة / يوم

عند حساب عدد المسارب يتم حسابها وفقا لحجم المرور الحالي والمستقبلي ويكون المستقبلي في العادة خلال عشرين سنة حيث يتم ضرب معدل المرور اليومي بمعامل يساوي [2.5]

⇦معدل المرور اليومي بعد مرور 20 سنة للداخل الى الطريق = 744 * 2.5

= 1860 سيارة / يوم

⇦معدل المرور اليومي بعد مرور 20 سنة للخارج من الطريق = 888 * 2.5

= 2220 سيارة / يوم

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

⇦ عدد المركبات في الساعة التصميمية للداخل الى الطريق :

$D.H.V_{min}$ = k × D × معدل المرور اليومي

= 0.55 × 0.070 × 1860

= 72 سيارة / ساعة.

$D.H.V_{max}$ = 0.60 × 0.12 × 1860

= 134 سيارة /ساعة.

⇦ عدد المركبات في الساعة التصميمية للخارج من الطريق :

$D.H.V_{min}$ = k × D × معدل المرور اليومي

= 0.55 × 0.070 × 2220

= 86 سيارة / ساعة.

$D.H.V_{max}$ = 0.60 × 0.12 ×2220

= 160 سيارة /ساعة.

جدول (4.3): قيم K , D العامة .

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

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

وبما أن الفرق في عدد المركبات في الساعة التصميمية بين الداخلين والخارجين من الطريق ليست كبيرة فإنه يتم اعتماد الرقم الأكبر وهو 160 سيارة / ساعة .

⇦ إن عدد المسارات المطلوبة لاستيعاب المركبات خلال العشرين سنة القادمة ($N_{20}$)تعطى بالعلاقة رقم (1):

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

= 160 / 850

= 1 مسرب في كل اتجاه

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

$$\mathbf{PHF} = \frac{\text{hourly volume}}{\text{max.rate of flow}} \quad \text{.....(II)}$$

### 4-2-4 السير الحالي والمستقبلي:

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

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

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

### 5-2-4 عمر الطريق :

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

إن تصميم الطريق لفترة قصيرة يؤدي إلى الحاجة المستمرة لإعادة التأهيل، أما التصميم لفترة زمنية طويلة يسبب زيادة التكاليف بشكل كبير, حيث يتم تصميم الطريق بناء على عمر مستقبلي 20 سنة .

### 6-2-4 سعة الطريق :

تعرف السعة للطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية معطاة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور. وتعتمد سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول (4.8) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو الأمريكية (AASHTO).

جدول (4.4) : سعة الطريق حسب مواصفات (AASHTO).

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

# الفصل الخامس

## التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

**1-5 مقدمة .**

**2-5 الانواع الرئيسية للرصف .**

**3-5 الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.**

**4-5 تصميم الرصفة المرنة .**

# التصميم الإنشائي للطريق والفحوصات المخبرية

## 1-5 مقدمة :

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

## 5- 2 الانواع الرئيسية للرصف :

### 1-2-5 الرصفة الصلبة (Rigid Pavement) :

وهي عبارة عن طبقة خرسانية يتراوح سمكها ما بين (15 – 30) سم ، بحيث يتم صبها على الطريق أو على أساس حصوي الذي يتم فرده قبل ذلك ، وقد تكون هذه الطبقة مسلحة أو غير مسلحة، وتصب بشكل كامل أو على شكل قطع بحيث يبلغ طول كل قطعة ما بين (20 – 50) م للخرسانة العادية ، وقد يصل طول القطعة إلى 300 م للخرسانة المسلحة.

حيث تقاوم الفواصل الموجودة بين بلاطات الرصف التغيرات الحرارية الكبيرة بين الصيف والشتاء وكذلك بين الليل والنهار وتعتبر صلابة البلاطة الخرسانية العامل الأهم في التصميم ومن الضروري عمل طبقة أساس في حالة الرصف الصلب وذلك بسبب:

- التحكم بتسرب الأتربة والمياه الجوفية وذلك من خلال الفواصل الموجودة في البلاطة الخرسانية.
- التحكم بتأثير الصقيع في البلاد الباردة.
- تحسين تصريف مياه الأمطار.
- تقليل حدوث الانكماش (Shrinkage) والانتفاخ (swell).
- تسريع عملية الإنشاء.

### 2-2-5 الرصفة المرنة: (Flexible Pavement)

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

1) رصفة تلفورد:

- وذلك بحيث تحدد الرصفة و تبنى أطاريف بأحجار تسمى حجارة الشك.
- يتم رصف الطريق بحجارة بسماكة 20 سم و تعبئ الفراغات بحصى صغيرة.
- ترش طبقة صغيرة من الحصمة الفولية لتعبئة الفراغات.
- يرش إسفلت بدرجة غرز 80% و بمعدل 4 كيلو على المتر المربع.

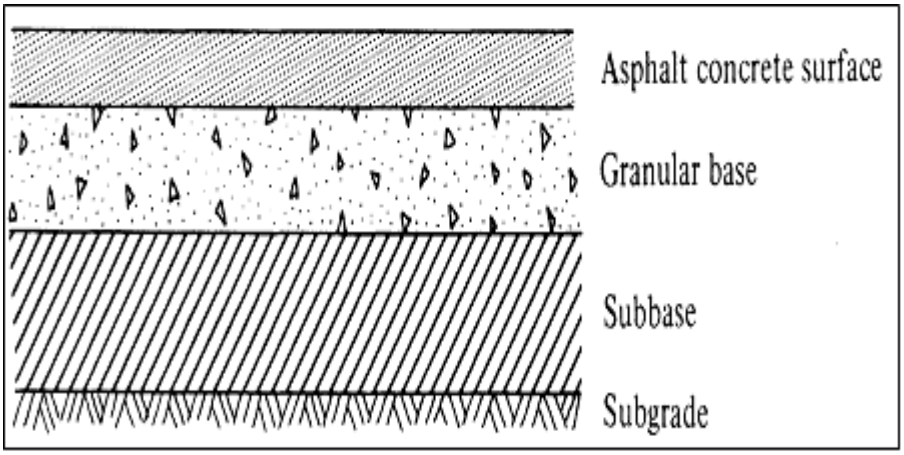
2) رصفة الفرشيات :

وقد انتشر استخدام هذه الطريقة في منتصف الخمسينيات ، حيث يمكن بهذه الطريقة الاستغناء عن الرصفة بالحجارة وتوريد مواد مخلوطة ومتدرجة مثل البسكورس وفرشها بالسمك المطلوب .

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

➢ تتكون الرصفة المرنة من العناصر التالية و الشكل (1.5) يبين هذه العناصر :

1. **القاعدة الترابية (sub grade)**: و هي عبارة عن المواد المكونة لسطح الطريق المراد عمله أو من المواد التي تم قصها من مكان آخر ، وتدمك هذه الطبقة حتى تصل إلى القوة المطلوبة .
2. **طبقة ما تحت الأساس (sub base)** :وهي الطبقة التي تنشأ مباشرة فوق طبقة القاعدة الترابية . إذا كانت خواص القاعدة الترابية مساوية لخصائص هذه الطبقة فيمكن الاستغناء عن هذه الطبقة ، وإذا لزم الأمر يتم إجراء عملية تثبيت لهذه الطبقة لتصل إلى المقاومة المطلوبة .
3. **طبقة الأساس (base course):** وهي مجموعة من الحصى المتدرجة متوسطة الخشونة و تكون حجارة مكسرة يتم إحضارها حاليا من الكسارات، وهو ما يعرف في بلادنا بالبسكورس .
4. **الطبقة السطحية الإسفلتية (surface course)** : وهي خلطة إسفلتية توضع فوق طبقة الأساس بعد رش طبقة تشريب (Prime coal) .




شكل (5.1) : طبقات الرصفة المرنة.

**3-5 الفحوصات المخبرية على طبقات الرصفة.**

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

**1-3-5 تجربة بروكتور القياسية (Standard Proctor Test):**

إن مبدأ التجربة يقوم على أساس دمك التربة بداخل أسطوانة معدنية وهي ما يسمى (قالب بروكتور)ويكون قطر الإسطوانة من الداخل(10.16 cm) وارتفاعها (11.64 cm) حيث نقوم بدمك التربة على ثلاث طبقات متتالية ومتساوية بعد خلطها بالماء بنسب معينة، ويتم دمك كل طبقة بمطرقة خاصة وتابعة للقالب وزنه 5.5 باوند تسقط من ارتفاع 12 انش (30.48 سم) وان عدد الضربات (56 ضربة) حسب نظام AASHTO وتسمى مطرقة بروكتور ثم تحسب كثافة التربة ونسبة الماء بها.

**➢ الأدوات المستخدمة:**

1. قالب بروكتور.
2. مطرقة بروكتور المعدلة ( 5.5 باوند).
3. وعاء لخلط التراب مع قارورة ماء مع مسطرين وأداه غير حادة (spatula).
4. منخل رقم "3/4.
5. جفنات صغيرة وفرن للتجفيف.
6. ميزان (سعة 40 كغم، دقة 2غم)، ميزان حساس (سعة 1200غم، دقة 0.01غم).

**➢ خطوات العمل:**

1. توزن الجفنات فارغة وتسجل أرقامها.
2. يوزن قالب بروكتور مع قاعدته فارغا ويسجل وزنه.
3. بعد تحضير العينة تنخل على منخل رقم 3/4.

4. بناءا على نسبة الرطوبة التي تم حسابه توضع كمية من الماء على العينة (2%) بحيث تصبح رطبة وتخلط بالمسطرين ثم تأخذ كمية وتوضع في قالب بروكتور وتدمك بمطرقة بروكتور بوضعها على العينة وسحبها بكامل طولها ثم تترك لتسقط نتيجة لثقلها كما يجب أن تصل المطرقة إلى جميع أجزاء سطح العينة. تكرر بحيث نقوم بطرق 25 ضربة على كل طبقة من الطبقات الثلاثة.
5. يزال غطاء قالب بركتور ويمسح ما يزيد عن وجهة القالب من العينة المرصوصة باستعمال أداه غير حادة( spatula) ويسوى سطح القالب.
6. تزن العينة مع القالب ويسجل الوزن . تزال العينة من القالب بالإزميل أو باستعمال جهاز إخراج العينات، تؤخذ عينة من وسط القالب ومن طرفيه في جفنه وتزن الجفنة مع العينة ثم توضع في الفرن لمدة 24 ساعة لتزن الجفنة مع العينة المجففة في اليوم التالي.
7. تكرر العملية كل مرة تزيد فيها نسبة الماء بقيمة (2%) حتى يبدأ وزن القالب مع العينة بالنقصان.

الشكل (5.2) : الأعمال المخبرية لتجربة بروكتور.

➢ **الحسابات:**

وتضمنت هذه التجربة القوانين والحسابات التالية:

- نسبة الماء=$w_c$
- وزن القالب فارغ =7756 غرام.
- نسبة الماء= $\frac{\text{وزن الماء}}{\text{وزن العينة الجافة}}$
- الكثافة الرطبة = $\frac{\text{وزن العينة الرطبة}}{\text{حجم القالب}}$ والجدول (5.1) يبين القراءات للعينات التي تم أخذها في المختبر والكثافة الرطبة لكل منها .

- الكثافة الجافة = $\frac{\text{الكثافة الرطبة}}{1+\frac{\text{نسبة الماء}}{100}}$ والجدول (2.5) يبين القراءات للعينات التي تم أخذها في المختبر وقيم الكثافة الجافة لكل منها .
- وزن الماء= (وزن العينة الرطبة مع القالب – وزن العينة الجافة مع القالب).
- وزن العينة الجافة =( وزن العينة الجافة مع القالب – وزن القالب).
- قطر القالب = 10.16 سم.
- ارتفاع القالب = 64.11 سم .
- حجم القالب= (نصف القطر )$^2$ * $\pi$ * الارتفاع وبالتالي فإن حجم القالب يساوي (11.64)*(7/22)* (2/15.24)$^2$ = 2124 سم$^3$

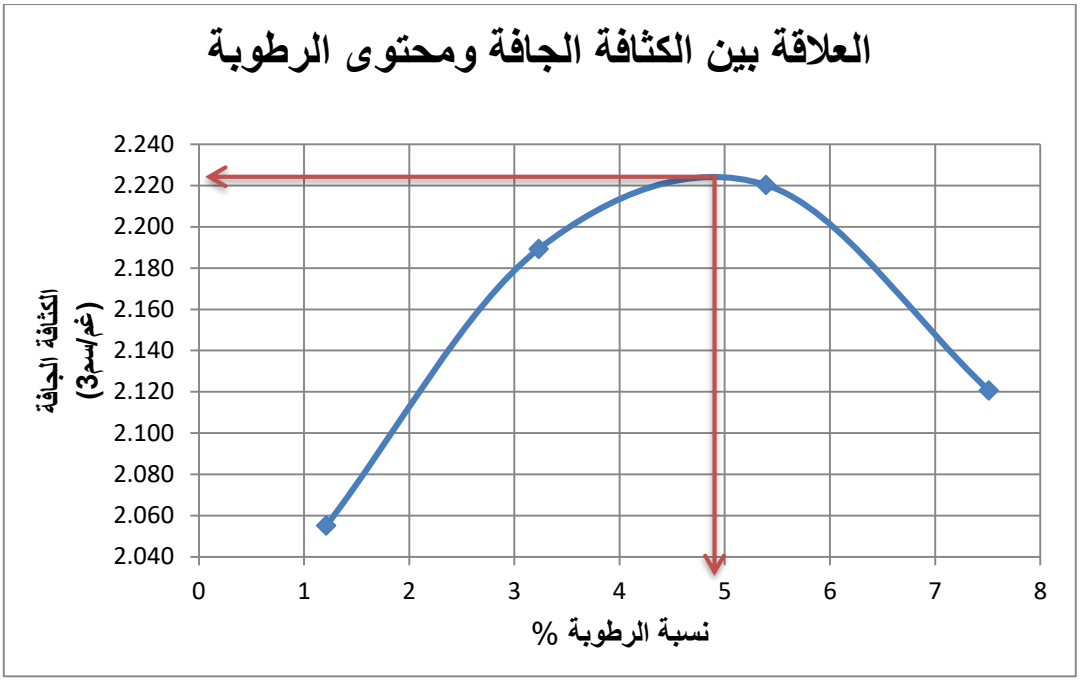
**➢ تجربة بروكتور القياسي عند 56 ضربة لعينة التربة الطبيعية :**

الجدول (5.1): الكثافة الرطبة.

| وزن العينة والقالب | وزن العينة(غم) | حجم القالب(سم$^3$) | الكثافة الرطبة(غم/سم$^3$) |
|---|---|---|---|
| 12174 | 4418 | 2124 | 2.08 |
| 12556 | 4800 | 2124 | 2.26 |
| 12726 | 4970 | 2124 | 2.34 |
| 12599 | 4843 | 2124 | 2.28 |

الجدول (5.2) : الكثافة الجافة ونسبة الرطوبة.

| رقم العينة | رقم الجفنة | وزن الجفنة فارغة (غم) | وزن الجفنة والتربة الرطبة (غم) | وزن الجفنة +التربة الجافة (غم) | وزن الماء (غم) | الكثافة الرطبة (غم/سم3) | وزن التربة الجافة (غم) | نسبة الرطوبة | الكثافة الجافة (غم/سم3) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 31 | 33 | 225.9 | 223.6 | 2.3 | 2.08 | 190.6 | 1.21 | 2.055 |
| 2 | A11 | 31.7 | 210.8 | 205.2 | 5.6 | 2.26 | 173.5 | 3.23 | 2.189 |
| 3 | A12 | 41.9 | 282.6 | 270.3 | 12.3 | 2.34 | 228.4 | 5.39 | 2.220 |
| 4 | D3 | 32.1 | 268.2 | 251.7 | 16.5 | 2.28 | 219.6 | 7.51 | 2.121 |




الشكل (5.3) : العلاقة بين نسبة الرطوبة والكثافة الجافة لعينة التربة الطبيعية .

ومن الشكل (5.3) يتبين أن نسبة الرطوبة المثالية = 4.90 % والكثافة الجافة العظمى 2.221 غم/سم$^3$

### 2-3-5 تجربة نسبة تحمل كاليفورنيا : (CBR) ( California Bearing Ratio Test)

تقاس نسبة تحمل كاليفورنيا CBR بمعرفة العلاقة بين قوة التحمل ومقدار الغرز لمكبس إسطواني مساحة مقطعة 1963ملم$^2$ عندما تسلط علية قوة بمعدل منتظم.لأي مقدار في الغرز تعرف CBR بأنها العلاقة بين القوة التي أحدثت هذا الغرز والقوة القياسية اللازمة لإحداث هذا الغرز في عينة كاليفورنيا القياسية، وبغض النظر عن مساحة مقطع المكبس فان التجربة تصلح للمواد التي لا يزيد حجم حبيباتها عن 20 ملم.

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

جدول (5.3) : يوضح بعض قيم نسبة التحمل ( CBR ).

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

➢ **الأدوات المستخدمة :**

- قالب الدمك الأسطواني (Mold) المستخدم في اختبار الدمك المعدل.
- حلقة Collar وقاعدة Base Plate .
- مطرقة الدك Rammer اليدوية.
- آلة قياس الضغط مثبت عليها إبرة الاختراق.
- ميزان وفرن تجفيف.

➢ **طريقة العمل:**

1. نجهز حوالي 5 كيلو غرام من التربة المارة من منخل رقم ¾ 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 والإسطوانة 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 4.5 كيلو 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 جرام) مع الاختراق (ملم) ثم نسجل مقدار الاختراق عند 2.5 ملم و 5ملم ثم نحدد قيمة التحمل باستخدام المعادلة التالية:
13. نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)= $\frac{\text{مقدار الضغط في الاختبار}}{\text{مقدار الضغط القياسي}} * 100\%$.

شكل (5.4): الجهاز المستخدم في تجربة(CBR).

**➢الحسابات:**

يرسم منحنى بين القوة على المكبس مع قيمة الغرز المماثلة، ومنه يتم الحصول على الحمل المسبب لاختراق 2.5 ملم في العينة عند التجربة و يكون عادة المنحنى المرسوم في العلاقة بين مقدار الغرز وقيمة الحمل المناظر لذلك الغرز متحدباً من الأعلى، في بعض الحالات قد يكون في بداية التجربة مقعراً إلى الأعلى ثم ينعكس وبهذه الحالة يجب عمل تصحيح للمنحنى حيث يرسم مماس في نقطة أعلى ميل ويستمر حتى يقطع المحور الأفقي (محور الغرز) ثم يزاح المنحنى إلى اليسار حتى تلتقي نقطة التقاطع هذه مع نقطة الأصل وهذا يعطي المنحني الذي يمكن أخذ قيمة ال CBR منه ، والشكل (5.5) يبين منحنى العلاقة بين قيمة الغرز والمقاومة لكل من عينة التربة والبيسكوس.

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)=( الحمل المسبب لاختراق 0.1 للعينة عند التجربة /الحمل المسبب لنفس الاختراق لعينة قياسية )*100% .

الجدول (4.5) يبين قيم المقاومة و CBR لعينة التربة.

الجدول (4.5): العلاقة بين الحمل المسبب للغرز في القالب عند 56ضربة لعينة التربة الطبيعية .

| الغرز (mm) | الحمل المثالي Kg | الحمل (div) | الحمل kg | المقاومة kg/cm2 | الحمل المصحح kg | C.B.R % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | | 0 | 0 | 0 | | ` |
| 0.5 | | 35 | 88.9 | 4.59 | | |
| 1 | | 85 | 215.9 | 11.15 | | |
| 1.5 | | 150 | 381 | 19.69 | | |
| 2 | | 210 | 533.4 | 27.56 | | |
| 2.5 | 1370 | 260 | 660.4 | 34.12 | 660.4 | %48.20 |
| 3 | | 310 | 787.4 | 40.68 | | |
| 3.5 | | 350 | 889 | 45.93 | | |
| 4 | | 375 | 952.5 | 49.21 | | |
| 4.5 | | 405 | 1028.7 | 53.15 | | |
| 5 | 2055 | 430 | 1092.2 | 56.43 | 1092.2 | %53.15 |
| 5.5 | | 460 | 1168.4 | 60.37 | | |
| 6 | | 475 | 1206.5 | 62.34 | | |
| 6.5 | | 490 | 1244.6 | 64.3 | | |
| 7 | | 500 | 1270 | 65.62 | | |

الشكل (5.5): العلاقة بين مقدار الغرز والحمل .

ومن العلاقة في الشكل أعلاه تبين أن قيمة :

CBR @ 2.5 mm = **48.20%**

CBR @ 5.0 mm = **53.15 %**

وبما أن قيمة CBR الأكبر عند غرز 5 ملم اذاً يتم اعتمادها كقيمة CBR للمشروع وهي **53.15%**.

**4-5 تصميم الرصفة المرنة :**

حيث تم اتباع طريقة AASHTO لتصميم الرصفة المرنة .

**1-4-5 حساب ESAL (Equivalent Accumulated 18,000 lb Single Axle Load)**

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

1. الحمل المكافئ لمحور مفرد:

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

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 4.2إلى4.5تبعاً 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 إلى 5 وتشتمل على الآتي:

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

Pi =4.5 للظروف الجيدة.

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

القيمة الحالية لدليل مستوى حالة الرصف موضحة في المعادلة (1.5):

$$\Delta PSI = pi\text{-}pt = 4.5 - 2.5 \rightarrow 2 \quad \ldots\ldots(1.5)$$

أما المحور القياسي فمقـداره 18000 رطل (80000 كيلو نيوتن) وباستخدام قيم المعـاملات 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 (2.5).

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \quad \ldots\ldots(2.5)$$

- Equivalent Accumulated 18,000 Ib Single Axle Load: ESAL:
- fd : design lane factor.
- Gf : growth factor.
- AADT : first year annual average daily traffic.
- Ni : number of axles on each vehicle.
- fE : load equivalency factor

ويتم الحصول على قيمة $f_d$ من الجدول(5.5).

جدول (5.5) : نسبة المركبات في المسرب الواحد.

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

- أما الطريق المراد تصميمها فتحتوي على مسربين في الاتجاهين (أي مسرب في كل اتجاه) فتؤخذ قيمة fd المقابلة للرقم 2 من الجدول السابق فتكون (fd = 50% ).
- أما قيمة growth factor ( Gf) فيتم الحصول عليه من الجدول(6.5).

جدول(5.6) : معامل النمو (Growth Factor).

| Design period years | Annual Growth Rate (%) | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | No. growth | 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 |
| 1 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 2.0 | 2.02 | 2.04 | 2.05 | 2.06 | 2.07 | 2.08 | 2.10 |
| 3 | 3.0 | 3.06 | 3.12 | 3.15 | 3.18 | 3.21 | 3.25 | 3.31 |
| 4 | 4.0 | 4.12 | 4.25 | 4.31 | 4.37 | 4.44 | 4.51 | 4.64 |
| 5 | 5.0 | 5.20 | 5.42 | 5.53 | 5.64 | 5.75 | 5.87 | 6.11 |
| 6 | 6.0 | 6.31 | 6.63 | 6.80 | 6.98 | 7.15 | 7.34 | 7.72 |
| 7 | 7.0 | 7.43 | 7.90 | 8.14 | 8.39 | 8.65 | 8.92 | 9.49 |
| 8 | 8.0 | 8.58 | 9.21 | 9.55 | 9.90 | 10.26 | 10.64 | 11.44 |
| 9 | 9.0 | 9.75 | 10.58 | 11.03 | 11.49 | 11.98 | 12.49 | 13.58 |
| 10 | 10.0 | 10.95 | 12.01 | 12.58 | 13.18 | 13.82 | 14.49 | 15.94 |
| 11 | 11.0 | 12.17 | 13.49 | 14.21 | 14.97 | 15.78 | 16.65 | 18.53 |
| 12 | 12.0 | 13.41 | 15.03 | 15.92 | 16.87 | 17.89 | 18.98 | 21.38 |
| 13 | 13.0 | 14.68 | 16.63 | 17.71 | 18.88 | 20.14 | 21.50 | 24.52 |
| 14 | 14.0 | 15.97 | 18.29 | 19.16 | 21.01 | 22.55 | 24.21 | 27.97 |
| 15 | 15.0 | 17.29 | 20.02 | 22.58 | 23.28 | 25.13 | 27.15 | 31.77 |
| 16 | 16.0 | 18.64 | 21.82 | 23.66 | 25.67 | 27.89 | 30.32 | 35.95 |
| 17 | 17.0 | 20.01 | 23.70 | 25.84 | 2.21 | 30.48 | 33.75 | 40.55 |
| 18 | 18.0 | 21.41 | 25.65 | 28.13 | 30.91 | 34.00 | 37.45 | 45.60 |
| 19 | 19.0 | 22.84 | 27.67 | 30.54 | 33.76 | 37.38 | 41.45 | 51.16 |
| 20 | 20.0 | 24.30 | 29.78 | 33.06 | 36.79 | 41.00 | 45.76 | 57.28 |
| 25 | 25.0 | 32.03 | 41.65 | 47.73 | 51.86 | 63.25 | 73.11 | 98.35 |
| 30 | 30.0 | 40.57 | 56.08 | 66.44 | 79.05 | 94.46 | 113.28 | 164.49 |
| 35 | 35.0 | 49.99 | 73.65 | 90.32 | 111.43 | 138.24 | 172.32 | 271.02 |

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

أما AADT فتؤخذ من جدول حجم المرور:

متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد للسيارات Passenger = 368 سيارة / يوم.

متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد للسيارات 2-Axle = 0 سيارة / يوم.

متوسط عدد المركبات الكلي لليوم الواحد للسيارات 3-Axle = 520 سيارة / يوم.

وبعد ذلك يتم تحويل أوزان العربات إلى أحمال قياسية، ويتم الحصول على الأحمال القياسية لأنواع المركبات ومتوسط عدد المركبات لكل ساعة من الجداول (5.7) و(5.8).

جدول ( 5.7): تحويل أوزان المركبات إلى أحمال قياسية (Load Equivalency factor).

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

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 124.5 | 28,000 | 5.39 | 0.495 | 302.5 | 68,000 | 15.38 |
| 129.0 | 29,000 | 6.14 | 0.572 | 307.0 | 69,000 | 16.26 |
| 133.5 | 30,000 | 6.97 | 0.658 | 311.5 | 70,000 | 17.19 |
| 138.0 | 31,000 | 7.88 | 0.753 | 316.0 | 71,000 | 18.15 |
| 142.3 | 32,000 | 8.88 | 0.857 | 320.0 | 72,000 | 19.16 |
| 146.8 | 33,000 | 9.98 | 0.971 | 325.0 | 73,000 | 20.22 |
| 151.2 | 34,000 | 11.18 | 1.095 | 329.0 | 74,000 | 21.32 |
| 155.7 | 35,000 | 12.5 | 1.23 | 333.5 | 75,000 | 22.47 |
| 160.0 | 36,000 | 13.93 | 1.38 | 338.0 | 76,000 | 23.66 |
| 164.5 | 37,000 | 15.50 | 1.53 | 342.5 | 77,000 | 24.91 |
| 169.0 | 38,000 | 12.20 | 1.70 | 347.0 | 78,000 | 26.22 |
| 173.5 | 39,000 | 19.06 | 1.89 | 351.5 | 79,000 | 27.58 |
| 178.0 | 40,000 | 21.08 | 2.08 | 365.0 | 80,000 | 28.99 |

جدول (5.8) : متوسط عدد المركبات ونسبة المركبات لكل ساعة.

| متوسط عدد المركبات لكل ساعة | | | الأيام |
|---|---|---|---|
| 3-axle | 2-axle | Passenger | |
| 14 | 0 | 20 | الثلاثاء – دخول وخروج |
| 15 | 0 | 21 | الاربعاء – دخول وخروج |
| 15 | 0 | 20 | المتوسط |
| 42.85% | 0.0% | 57.1% | النسبة المئوية من العدد الكلي |

أيضا تم الحصول من الفصل السابق( حجم المرور ) على معدل المرور اليومي الأكبر من في الاتجاهين وكان (888) سيارةايوم

- Passenger cars ( 10 kN / axle) = 57.1%
- 2-axle single-unit busses ( 100 kN / axle) = 0%
- 3-axle single-unit trucks (110 kN / axle) = 42.85%

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

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

$$ESAL = f_d \times G_f \times AADT \times 365 \times N_i \times f_E \quad \text{.........................................} (3.5)$$

وبعد ذلك تحسب قيمة (ESAL) لكل نوع من أنواع المركبات حسب المعادلة التالية كل على حدة ومن ثم تجمع القيم الثلاث لنحصل على (Total ESAL) كما في المعادلة (3.5).

ESAL $_{car}$ = 0.5 * 29.78 * 520 *0.57 * 365 * 2 * 0.0003135 = 1254.01

ESAL $_{buss}$ = 0.5 * 29.78 * 0 * 0.00* 365 * 2 * 0.198089 = 0

ESAL $_{truck}$ = 0.5 * 29.78 * 368* 0.42* 365 * 3 * 0.29419 = 698390.13

ESAL $_{total}$ = 699644.14

### 2-4-5 حساب سماكة طبقات الرصف:

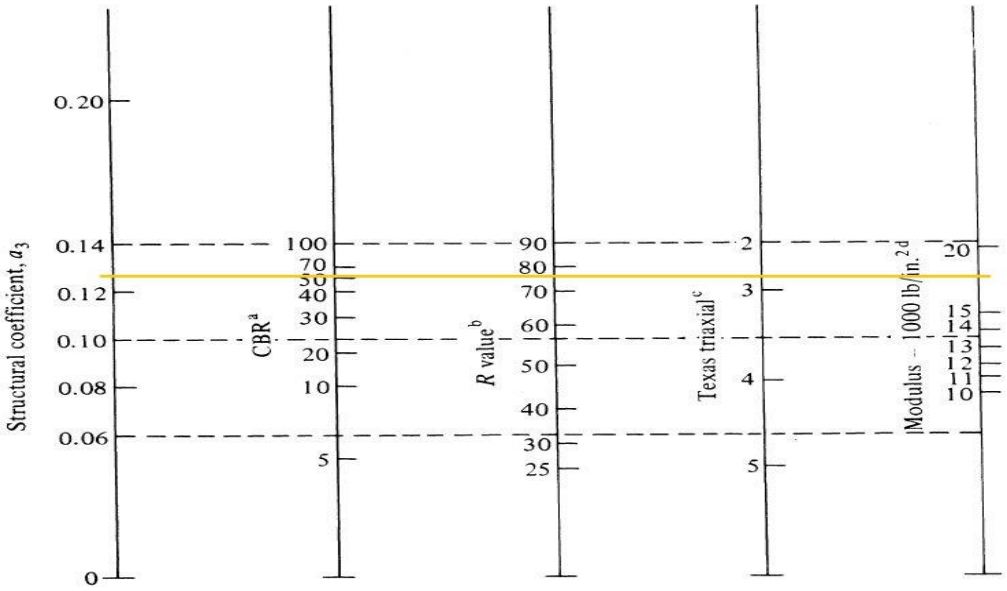
الهدف من طريقة التصميم المستخدمة هو إيجاد طبقات رصف لها رقم إنشائي (SN) كافي لتحمل الأحمال التي يتعرض لها الطريق.

#### ➢ معامل الرجوعية (Mr):

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

⇦ قيمة MR لطبقة الاساس:

من الشكل التالي يتم رسم خط مستقيم ثابت عند قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) الخاصة بالأرض الطبيعية لاستخراج قيمة MR الخاصة بطبقة الاساس.

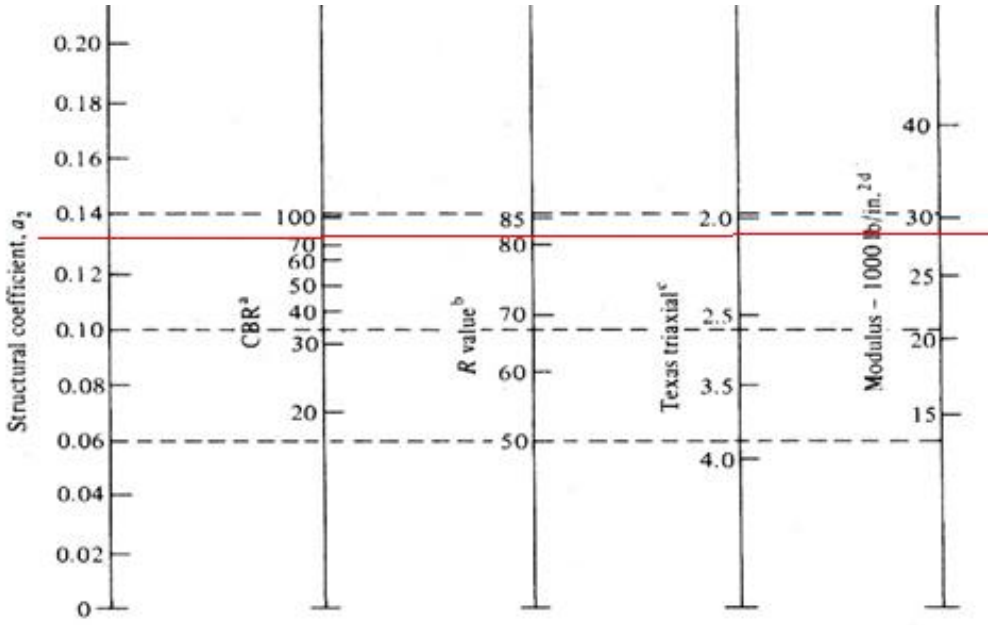



شكل (5.6): قيمة MR لطبقة الاساس.

بما أن قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) تساوي 53.15 فان قيمة **MR** تساوي **$18*10^3$ psi** .

⇦ قيمة MR لطبقة الاسفلت:

من الشكل التالي يتم رسم خط مستقيم ثابت عند قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) الخاصة بطبقة الأساس لاستخراج قيمة MR الخاصة بطبقة الاسفلت.




شكل (5.7): قيمة MR لطبقة الاسفلت.

وبما أن قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) بعد إجراء التجربـة كانت 53.15 ، سوف يتم التصميم على أسوأ الظروف في الموقع أي عند قيمة CBR = 80.

بما أن قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) تساوي 80 فإن قيمة MR تساوي $28*10^3$ psi.

- **الانحراف المعياري العام (Estimated overall standard deviation):**

وبعود إلى التباين في توقعات حركة المرور والاختلاف في أداء رصفة الطريق خلال فترة تجهيز التصميم ويتم الحصول عليها من الجدول (5.9):

جدول (5.9): الانحراف المعياري حسب نوع الطريق.

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

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

- **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 $a_2$ .

$a_1$ 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:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 m D_2 + a_3 m D_3 \quad \text{.....................................................(4.5)}$$

حيث **$D_1$, $D_2$, $D_3$**هي سمك الطبقات المختلفة بينما **$m_i$** تمثل معامل تصريف الأمطار من طبقة الأساس ومعامل الطبقة لطبقة الأساس (**$a_2$**) يمكن ربطه مباشرة بنتائج اختبارات تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي يتم إجراؤها تحت أسوأ الظروف المتوقعة في الموقع، أما معامل الطبقة السطحية الإسفلتية فيتم ربطه بمقدار معامل الرجوعية لها عند درجة حرارة 20 مئوية . يبين جدول (5.11) قيم هذا المعامل المقابل لقيم مختلفة من معامل المرونة أما المعامل **$m_i$** 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 (5.10).

جدول (5.10): تعريف جودة التصريف.

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

أما قيمة ($m_i$) فيتم تحديدها حسب ظروف التشغيل والجدول (5.11) يبين ذلك:

جدول (5.11) : معامل جودة تصريف المياه عن سطح الطريق ($m_i$).

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

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

- **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 (5.12) يوضح مستويات الموثوقية لأنواع مختلفة من الطرق:

جدول (5.12): مدى الموثوقية في تصميم الرصفة المرنة تبعا للتصنيف الوظيفي للطريق.

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

على اعتبار أن طريق التصميم طريق محلي وبالتالي فإن مستوى الموثوقية مساوي 0.90

والجدول (5.13) يوضح الانحراف المعياري (ZR) في قيم الموثوقية لتصميم الرصفة المرنة:

جدول (5.13) قيم ZR بالرجوع لمقدار الموثوقية.

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

وبأخذ مقدار الثقة 90% فإن قيمة (ZR) تساوي **-1.282**

جدول (5.14): المواصفات المطلوبة لنسبة تحمل كاليفورنيا لطبقات الطرق في فلسطين والأردن .

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

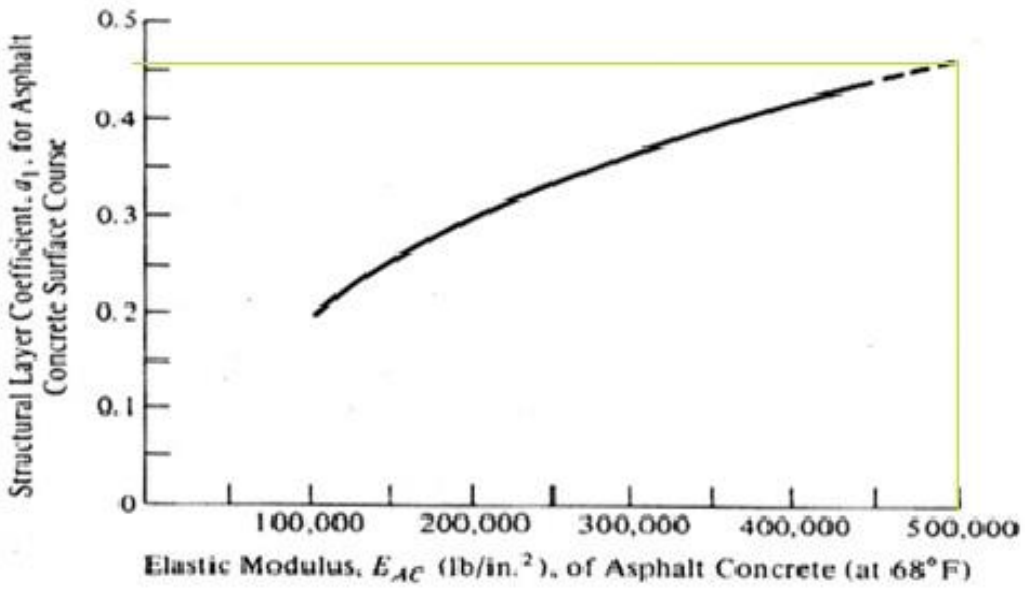
والجدول (5.15) يبين نسبة كاليفونيا للطبقات حسب الفحوصات المخبرية.

جدول (5.15) : نتائج الفحوصات المخبرية على الطبقات.

| الطبقة | CBR (%) |
|---|---|
| Sub grade | 53.15 |

**واما بالنسبة لطبقة البيسكورس فسيتم استخدام مواد لا يقل CBR الخاص بها عن 80% .**

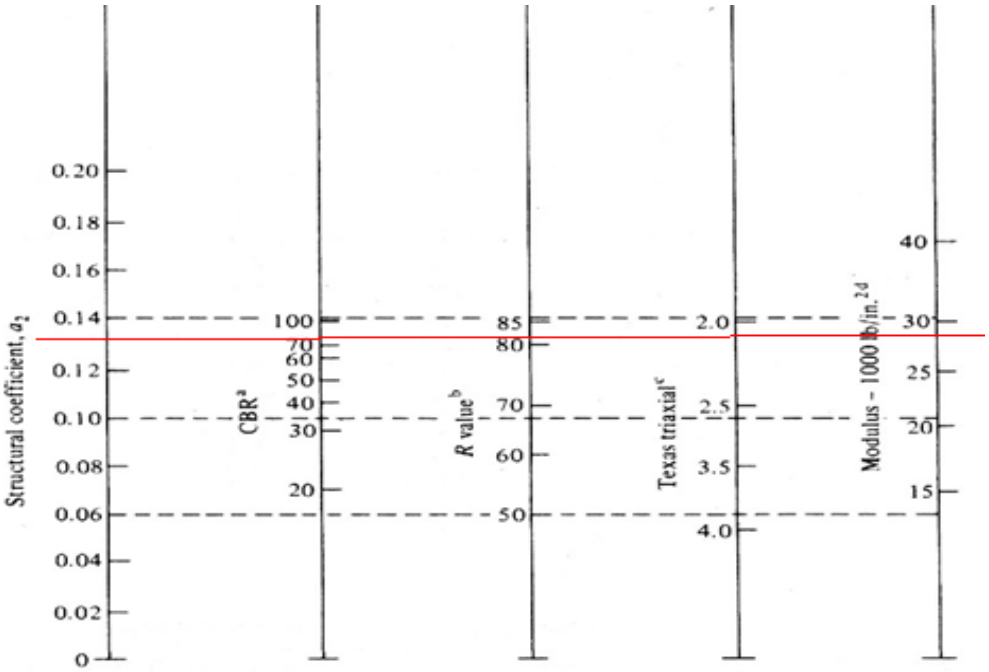
والأشكال (5.8) و (5.9) تبين معامل طبقة الإسفلت(asphalt) ومعامل طبقة (Base):




شكل (5.8): منحنى معامل طبقة الإسفلت السطحية ($a_1$).

حيث أن قيمة Elastic modules عند درجة حرارة 20 درجة سلسيوس أو 68 فهرنهايت تساوي (lb/in$^2$) 500000 وبالتالي من الشكل السابق تبلغ قيمة **0.46 ($a_1$).**

والشكل التالي يبين معامل طبقة (Base) الذي يستوجب معرفة قيمة (CBR)، حيث أن هذه القيمة بعد إجراء التجربة كانت 53.15 ، ولكن سوف يتم التصميم في أسوا الظروف في الموقع أي عند قيمة CBR = 80.




شكل (5.9) $a_2$ معامل طبقة (Base) .

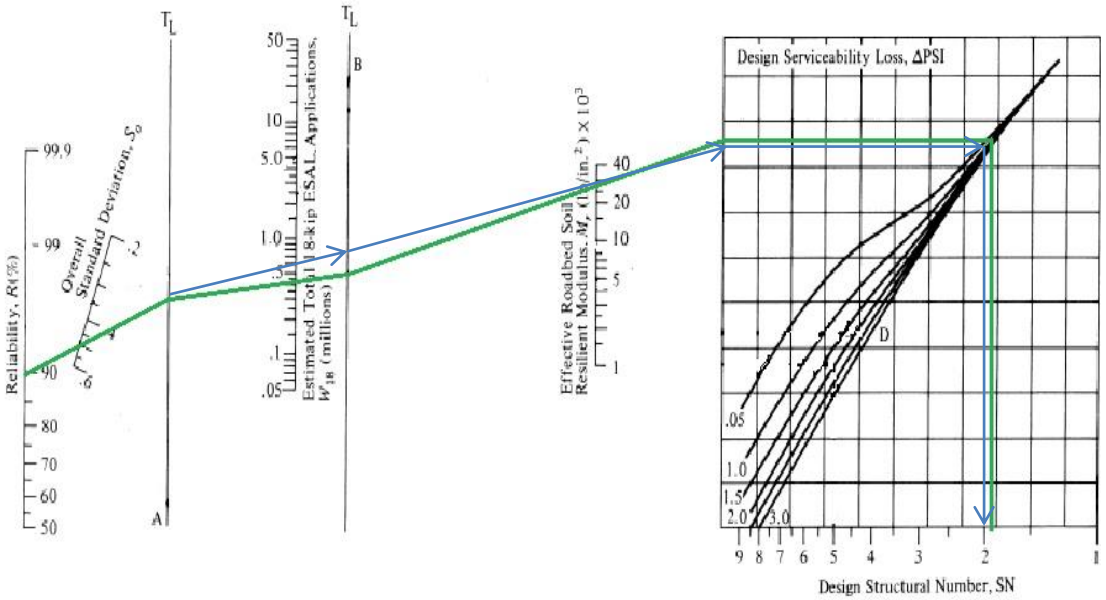
وبما أن قيمة (CBR)مساوية 80 فان قيمة $a_2$ تساوي **0.132**

- يتم إيجاد الرقم الإنشائي لطبقة (asphalt) وطبقة (Base) عن طريق الشكل (5.10) و (5.11).
- يتم العمل على الشكل (5.10) عن طريق توقيع مقدار الموثوقية (R) المساوي 90% ، ثم تم مد خط مستقيم يصل بين مدى الثقة وقيمة الانحراف المعياري المساوي 0.5 ليقطع الخط TL في النقطة (A)، ثم يتم مد خط من النقطة (A) ليقطع النقطة (B) عند قيمة ESAL المحسوبة سابقا والمساوية (436378.35) ثم نمد خط من B ليقطع منحنى SN ويمر في قيمة Mr للطبقات، ثم يتم مد خط مستقيم ليقطع منحنى (2) وهو عبارة عن قيمة $\Delta PSI$ المحسوبة سابقا، ثم يتم قراءة قيمة (SN).
- إيجاد(SN) لطبقة (asphalt):

R = 90

$S_0$ = 0.5

ومن الشكل (7.5) سابقا تم إيجاد قيمة Mr الناتجة لطبقة الاسفلت (asphalt) تساوي 28000 Psi، ومن الشكل (10.5) يتم تحديد ($SN_1$):




الشكل(5.10): منحنى لإيجاد الرقم الإنشائي SN1 .

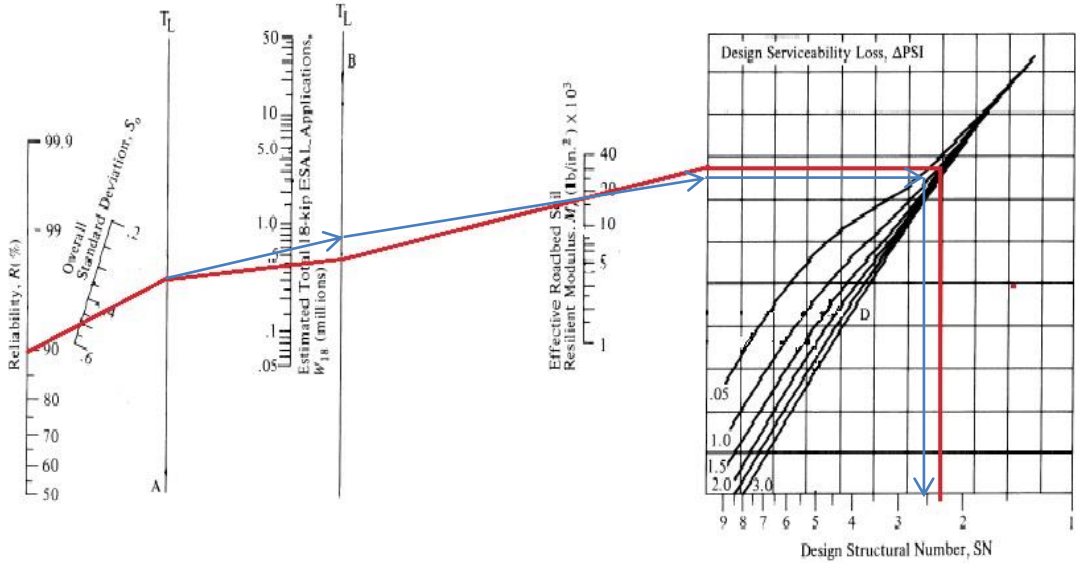
⬅ وبالتالي فإن قيمة **SN1** تساوي **1.95**

والشكل (11.5) يوضح قيمة ($SN_2$):

R =90

$S_0$=0.5

ومن الشكل (6.5) سابقا تم إيجاد قيمة Mr الناتجة لطبقة البيسكورس تساوي 18000 Psi، ومن الشكل




(5.11) يتم تحديد($SN_2$):

شكل (5.11) : منحنى إيجاد قيمة (SN2) .

⬅ وبالتالي فإن قيمة **SN2** تساوي **2.5**

**حسابات سماكة طبقات الرصفة المرنة :**

$D1 = \frac{SN1}{a1}$.....(5.5)

$$D1 = \frac{1.95}{0.46} = 4.2\ in$$

D1= 4.2*2.54 = 10 cm

➡ Take D1=10 cm

$SN_1^* = a1 * D_1^*$ .....(6.5)

SN1= 0.46*4.23 → 1.95 in

$SN_2 = SN_1 + a2\ m\ D2$ .....(7.5)

.....( 8.5)$D2 = \frac{SN2-SN1*}{a2*m}$

$$D2 = \frac{2.5-1.95}{0.132*0.8} = 6.25\ in$$

D2 = 5.2* 2.54 = 13.3 cm

➡Take D2 = 15 cm → 5.90 in

$SN_2$ = 1.95 + (0.132*0.8*5.90) → 2.52 in

الجدول (16.5) يبين سماكة طبقات الرصفة المرنة التي حصلنا عليها .

جدول (5.16) : سماكة طبقات الرصفة المرنة .

| الطبقة | السمك (سم) |
|---|---|
| Asphalt | **10** |
| Base corse | **15** |

# الفصل السادس

## التكلفة والعطاء

**1-6 التكلفة .**

**2-6 العطاء .**

**3-6 الوثائق المكونة للعقد .**

# التكلفة والعطاء

## 1-6 التكلفة

يعد موضوع التكلفة والعطاء بالغ الاهمية، لتأثيره على تنفيذ المشاريع الهندسية حيث أن هدفه الأساسي هو وضع القواعد التعاقدية وتقويم الأعمال الهندسية وفقا لهذه القواعد، الامر الذي يساعد كثيرا على إنجاح تنفيذ المشايع الهندسية ضمن المدة والكلفة والجودة المطلوبة والابتعاد عن المنازعات والخلافات بين أطراف العقد.

### 1-1-6 التكلفة النهائية للمشروع:

من الضروري معرفة مقدار التكلفة لأي مشروع وذلك لأن التكلفة تعتبر مهمة للتعرف على المبلغ المطلوب لتنفيذ هذا المشروع وكذلك تزويد الجانب الممول بكافة التكاليف الواجب تغطيتها للمشروع، وفي هذا الفصل سوف يتم حساب تكلفة كل طبقة من طبقات الرصف على طول الطريق كما ويتم حساب تكلفة المواد والعناصر الإنشائية للطريق.

### 2-1-6 ملخص التكلفة الكلية للمشروع:

لحساب تكلفة طبقة الإسفلت والأساس تم اعتماد الأسعار الموجودة في بلدية الخليل وهي أسعار العطاءات التي جاري تنفيذها في مشاريع مشابهة في بلدية الخليل، حيث أن سعر المتر المربع من الإسفلت المشغول = 12.10 $

والمتر المربع من طبقة الأساس المطلوبة للمشروع = 5.30 $

تكلفة الإسفلت = مساحة الاسفلت * 12.1 $

= 10950 * 12.1 = $136870

تكلفة طبقة الاساس = ( مساحة مسطح طبقة الاساس) * 5.3 $

= 10950 * 5.30 = $ 58035

جدول (6.1) : يبين تكاليف المواد المستخدمة في المشروع.

| مشروع إعادة تاهيل طريق لوزة - الجلاجل | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| البند | الوصف | الوحدة | السعر | الكمية | الإجمالي |
| **1- الاعمال الترابية** | | | | | |
| **1.01** | **اعمال الحفر** | | | | |
| | أعمال حفريات غير مصنفة لزوم أعمال الطريق والأرصفة والخدمات للوصول الى المناسيب المطلوبة ومحمل على السعر اجور النقل طبقاً للمخططات التنفيذيه والمواصفات | م$^3$ | $6.50 | 10496.39 | $ 68226.54 |
| **1.02** | **اعمال الردم** | | | | |
| | توريد ورش وفرد ردميات ودمكها على طبقات من تربة صالحة من ناتج من الحفر طبقاً للمخططات التنفيذية والمواصفات | م$^3$ | $1.60 | 3212.51 | $ 21202.57 |
| | **المجموع للاعمال الترابية** | | | | **$ 89,429.12** |
| **2- اعمال طبقة الاساس** | | | | | |
| **2.01** | **اعمال طبقة الاساس** | | | | |
| | اجور تكاليف وتوريد وفرد ودحل طبقة الأساس ( Base Course) من نوع A بسماكة 15 سم بعد الدحل إلى نسبة دمك 100% وعمل الفحوصات الأزمة وذلك حسب المخططات التنفيذية والمواصفات | م$^2$ | $5.30 | 10950.00 | $ 58035.00 |
| | **المجموع لاعمال طبقة الاساس** | | | | **$ 58035.00** |
| **3- اعمال الاسفلت** | | | | | |
| **3.01** | **اعمال طبقة الاسفلت السائلة** | | | | |
| | توريد ورش طبقة اسفلتية سائلة من نوع MC-70 بمعدل 1.2 كغم/ م2 وعمل كافة الفحوصات اللازمة وبحيث أن يكون العمل ميكانيكياً وحسب المخططات التنفيذية والمواصفات وتعليمات المهندس المشرف | م$^2$ | $1.50 | 10950.00 | $ 16425.00 |
| **3.02** | **اعمال طبقة الاسفلت السطحية** | | | | |
| | توريد ورش ودحل مواد طبقة الأسفلت السطحية سمك 10سم عمل كافة الفحوصات اللازمة وبحيث أن يكون العمل ميكانيكياً وحسب المخططات التنفيذية والمواصفات وتعليمات المهندس المشرف | م$^2$ | $12.10 | 10950.00 | $ 132490.00 |
| | **المجموع لاعمال الاسفلت** | | | | **$148,915.00** |
| **3- اعمال الارصفة** | | | | | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 4.01 | **اعمال احجار جبه (أحجار شك) للارصفة** | | | | |
| | توريد وتركيب احجار جبه (أحجار شك) مسبقة الصب بحجم 17*25*100 سم وعمل كل ما يلزم حسب المواصفات والمخططات التنفيذية وتعليمات المهندس المشرف | م.ط | $23.40 | 2,384.15 | $ 55,789.11 |
| 4.02 | **اعمال احجار جبه (أحجار شك) للجزر** | | | | |
| | توريد وتركيب احجار جبه (أحجار شك) مسبقة الصب بحجم 20*22*100 سم وعمل كل ما يلزم حسب المواصفات والمخططات التنفيذية وتعليمات المهندس المشرف | م.ط | $23.40 | 543.42 | $ 12,716.03 |
| 4.03 | **اعمال البلاط المتداخل** | | | | |
| | توريد وتبليط متداخل Interlock Tiles بسماكة 6 سم متعدد الأبعاد والأشكال والألوان ويشمل السعر طبقة الرمل اسفله بسماكة 10 سم ودحل البلاط وتوريده بالرمل وكذلك جسر من الباطون الحابس في الأماكن المفتوحة حسب المخططات التنفيذية والمواصفات ومسلمات المهندس المشرف | $م^2$ | $22.50 | 5,516.50 | $ 124,121.25 |
| **$192,626.39** | **المجموع لاعمال الارصفة** | | | | |
| **5- اعمال الدهان والاشارات** | | | | | |
| 5.01 | **اعمال الدهان** | | | | |
| | توريد وتنفيذ دهان خطوط الطريق المتواصل والمتقطع والأسهم وخطوط المشاة والجزر والموقف وكل ما يلزم حسب المخططات من Agrylic paint مع البلورات الزجاجية العاكسة بالكثافة المطلوبة حسب المواصفات والمخططات وتعليمات المهندس المشرف | $م^2$ | $0.90 | 664.12 | $ 597.71 |
| 5.02 | **اعمال الاشارات** | | | | |
| | توريد وتركيب اشارات الطرق التحذيرية اللازمه قياس قطر 60 سم و 60 سم طول القاعدة المثلثية من نوع خلايا النحل العاكسة للضوء والسعر يشمل حفر وباطون القاعدة مع العامود الحامل لها بقطر "3 ودهانها والابيض والأسود وكل ما يلزم لانجاز العمل حسب المواصفات والمخططات التنفيذية وتعليمات المهندس المشرف | عدد | $240.00 | 60.00 | $ 14,400.00 |
| **$ 14,997.71** | **المجموع لاعمال الدهان والاشارات** | | | | |
| | | | | | |
| **$504.003.22** | **المجموع الكامل** | | | | |

* يشار إلى أن الأسعار الموجودة في الجدول السابق هي أسعار المواد في السوق الفلسطيني ومأخوذة من عدة شركات للمقاولات.

**2-6 العطاء:**

يتم إعداد العقود الهندسية بصيغ مختلفة حسب نوع العمل المتعاقد عليه وظروفه ، وتختلف تلك العقود في درجة تعقيدها من اتفاقية بسيطة يتم فيها عرض وقبول إلى عقد طويل معقد يتكون من عدد كبير من الوثائق ،تحدد تفاصيل العلاقة التعاقدية من النواحي القانونية والمالية والفنية ، وكلما كان العقد وشروطه ومواصفاته ورسوماته وبقية وثائقه واضحة ودقيقة في تحديدها لواجبات ومسؤوليات وحقوق الأطراف المتعاقدة ، كلما قلت احتمالات الاختلاف في وجهات النظر إزاء تفسير تلك الوثائق.

**3-6 الوثائق المكونة للعقد:**

تختلف الوثائق المكونة لأي عقد هندسي كمًا وكيفًا من مشروع لآخر، تبعًا لعدة عوامل كما تختلف وثائق العقد تبعا لحجم المشروع فكلما صغر حجم المشروع كلما كان نوع العلاقة بين المالك والمقاول أسهل والعكس صحيح . فالغرض الأساسي من وجود وثائق العقد هو تحديد العلاقة بين الطرفين أو الأطراف المتعاقدة بصورة دقيقة تحدد حقوق وواجبات كل طرف منهما بموجب العقد .وبشكل عام لابد من وجود الوثائق التالية:

1. **خطاب الدعوة:**

وهي عبارة عن رسالة موجهة من صاحب العمل تصف العمل المراد إنشاؤه بشكل مختصر وتدعو المقاول الموجهة إليه الدعوة لتقديم عطائه لتنفيذ المشروع.

2. **تعليمات إلى المقاولين:**

وهذه تعطى معلومات أكثر تفصيلا إلى المقاولين بغرض تمكينهم من تقديم عطاءاتهم على أسس سليمة.

3. **العرض أو صيغة المناقصة:**

وتحدد هذه الوثيقة رغبة المقاول واستعداده لتنفيذ المشروع بسعر معين وفى وقت محدد، ويوقع عليها المقاول وتختم بختمه الرسمي.

والغرض من هذه الوثيقة توحيد صيغ العروض.

4. **الاتفاقية Agreement:**

وهذه وثيقة قانونية (تسمى أحيانا صيغة العقد) تلزم كلا من المالك والمقاول بالتزامات معينة، وتحدد عادة نوع الالتزام وقيمة العقد وزمن تنفيذه بالإضافة إلى عدد آخر من البنود الهامة.

5. **شروط العقد Contract Conditions:**

**اولا : الشروط الخاصة وتشمل:**

1- أسماء طرفي العقد وتاريخ تعاقدهما.

2- محل العقد.

3- المبلغ الاسمى للعقد :وهو المبلغ المحدد بالاستناد إلى الكميات المقدّرة فى جدول الكميات بالاستناد إلى جدول الأعمال المنفذة فعلا.

4- مدة العمل.

5- جزاء التأخير.

6- التأمينات.

7- طريقة الدفع.

8- التوقيفات (النسبة المئوية التي تستقطع من المستخلصات.)

9- الاستلام (وتشمل المؤقت والنهائي.)

10- نظام العقود.

**ثانيا : الشروط العامة وتشتمل:**

1- الالتزامات العامة للمتعهد.

2- الضمانات.

3- العمال ووكلاء المقاول والإدارة.

4- تنفيذ العمل.

5- التأخير والقصور في القيام بالالتزامات.

6- التنازل عن العقد.

7- حل الخلافات.

8- أحكام متفرقة.

**6. الجداول الملحقة بشروط العقد Supplementary to general condition :**

وهذه في الغالب تصف بعض الصيغ، التي يتم بموجبها تقديم طلب ما أو إرسال إشعار من طرف إلى آخر وكذا صيغة القبول أو الرفض

**7. المواصفات Specification :**

وهذه الوثيقة تصف الجانب الهندسي، أو الفني من المشروع، وكيفية تنفيذه، حيث يكون هناك تحليلٌ ووصف تفصيلي لكافة مواد البناء ، التي تلزم للمشروع وتكون ملزمة للمقاول.

**8. الرسومات Drawings :**

تصف الرسومات الأبعاد الحقيقية وكذلك التفصيلات، كما تشمل الطريقة الفنية التي سيقام بموجبها المشروع.

### 9. جدول الكميات Bill of Quantities :

يسرد في هذه الوثيقة جميع أنواع المواد، أو الوحدات القياسية لكل جزء من أجزاء المشروع وتسعيرة كل منها بالوحدة، أو حسب القياس الطولي أو المربع أو المكعب .ويعتبر جدول الكميات من أهم وثائق العقد.

### 10.تقريرعن حالة التربة:

يتم إعداد هذا التقرير عادة بواسطة شركة متخصصة في شؤون التربة والجيوتكنولوجيا ، ويعطى هذا التقرير وصفا لنوع التربة في موقع العمل وقوة تحملها ، وغير ذلك من المعلومات الهامة عنها

# الفصل السابع

## النتائج والتوصيات

**1-7 النتائج .**

**2-7 التوصيات .**

# النتائج والتوصيات

## 1-7 النتائج :

بعد القيام بعملية الرصد الكاملة وعمل تأهيل للطريق تم التوصل الى مجموعة من النتائج ، أهمها :

1. تم القيام بعملية الرفع عن طريق جهاز GPS من نوع Trimble R8 ، وذلك باستخدام طريقة Real Time Kinematic (RTK).
2. رفع الطريق بشكل كامل والحصول على مخططات تفصيلية للطريق.
3. القيام بعمل الفحوصات المخبرية لطبقات الطريق.
4. تجهيز التصميم الإنشائي للطريق والحصول على سماكات الطبقات بالاعتماد على الفحوصات المخبرية.
5. تم تجهيز كافة التصميمات الأفقية والرأسية وكافة المعلومات اللازمة لتوقيعها، وإعداد المخططات المتعلقة بذلك.
6. تم وضع الإشارات المرورية وأعمدة الإنارة بناءا على المواصفات القياسية.
7. تم حل مشكلة الميول الطولية والجانبية للطريق .
8. تم حساب سماكة الطبقات ورسم المقطع التصميمي وحساب حجوم الكميات من حفر وردم , وحجوم طبقتي الإسفلت والبيسكورس ورسم المنحنى الكمي التراكمي .
9. اتضح لنا مدى أهمية الطريق موضع الدراسة من خلال حجم المرور الذي تم تعداده.

## 2-7 التوصيات :

1. نحث الجامعة على التواصل الدائم مع المؤسسات الحكومية والغير حكومية للرقي بالمستوى العام للخريجين وللحصول على مشاريع مناسبة.
2. إعداد مواصفات تتعلق بتصميم الطرق خاصة بدولة فلسطين.
3. الحرص على وجود مشاريع مشتركة ما بين الأقسام المختلفة في كلية الهندسة للوصول إلى التكامل المناسب.
4. نوصي بلدية التفوح بتحديد باقي الطرق المحلية الموجودة في المدينة والتي هي بحاجة لإعادة تأهيل.

## قائمة المصادر والمراجع


- روحي الشريف، البسيط في تصميم وإنشاء الطرق، الجزء الأول، عمان، الأردن، 1986.
- الدباغ، مصطفى مراد. بلادنا فلسطين. جـ1، قسم 5، ص 12، (22-23)، 40، 52.
- بلدية الخليل _دائرة التخطيط والتطوير_عمار الجعبري.
- بلدية تفوح _قسم المساحة_المهندس حمزة رزق.
- بلدية الخليل_قسم التخطيط_المهندس محمود الهشلمون.
- بلدية الخليل_قسم الطرق_المهندس عمار الجعبري.
- يوسف صيام، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان،1978