جامعة بوليتكنك فلسطين

كلية الهندسة والتكنولوجيا

دائرة الهندسة المدنية والمعمارية

تصميم طريق ابوكتيلا عين ديربحا

فريق العمل

بلال عوني شاور **حافظ عبد السلام الأشهب**

حسان عاطف مراعبه **نائل وحيد قفيشة**

المشرف :

د. داوود القواسمي

الضفة الغربية – الخليل

فلسطين

June -2007

شهادة تقييم مشروع التخرج

جامعة بوليتكنيك فلسطين-PPU
الخليل – فلسطين

مشروع تخرج بعنوان

تصميم طريق ابوكتيلا عين ديربحا

إعداد:

بلال عوني شاور حافظ عبد السلام الأشهب
حسان عاطف مراعبه نائل وحيد قفيشة

بناء على توجيهات الأستاذ المشرف على المشروع، وبموافقة جميع أعضاء اللجنة الممتحنة ، تم تقديم هذا المشروع إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا للوفاء الجزئي بمتطلبات الدائرة لدرجة البكالوريوس.

توقيع مشرف المشروع
الاسم:.....

توقع رئيس الدائرة
الاسم:.....

June -2007

الإهداء

إلى شهدائنا الأبرار الذين جعلوا من أجسادهم جسرا لفكرة الحق العابرة.

إلى جرحانا الذين ترجلوا في وجه العدو الغاصب وجراحهم تنزف وصدورهم عارية في وجه البنادق.

إلى أسرانا البواسل القابضين على الجمر، خلف القضبان، الصامدين تحت سيطرة الجلادين.

إلى ساعدي أبي الذي انتزع الصخرة ليجعل منها شهادة لميلادي.

إلى نبع الحنان، إلى قلب أمي الذي ينبض لتصنع منه إنسان.

إلى كل طالب يتسلق شجرة العز ليتربع على عرش الهدف السامي.

إلى إخواني وأخواتي الذين عهدتهم أهل الثغور الباسمات.
إلى أحبائي وأصدقائي الذين مشوا بدربي يدفعونني للثبات.

إلى أساتذتي الذين جسدوا الحلم حقيقة وزرعوا الحق والقوة.

نهديهم جمعيا هذا العمل المتواضع.

الشكر والتقدير

لا يسعنا في بداية شكرنا إلا أن نشكر الله عز وجل الذي أنعم علينا ووفقنا في هذا البحث .

وبفائق الشكر والعرفان نتقدم إلى جامعة بوليتكنك فلسطين وإلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية التي قدمت لنا كل مساعدة لإتمام هذا البحث.

ولا يغيب عنا أن نشكر من هم أغلى الناس على قلوبنا وقدموا أسمى آيات العطاء آبائنا وأمهاتنا وإخواننا .

ومن موقع الأبناء نشكر مشرفنا الدكتور داوود القواسمي لتوجيهاته الثمينة وإشرافه ودعمه اللانهائي.

والى كل من قدم لنا يد العون والمساعدة في إنجاز هذا البحث ونخص بالذكر:

د. ماجد أبو شرخ

م. معتز قفيشة

م. رامي ياغي

م. باهر سلطان

والى كل الأحبة والأصدقاء الذين أمدونا بالدعم والنصيحة.

الملخص

تصميم طريق أبوكتيلا عين ديربحا

إعداد

بلال شاور **حافظ الأشهب**
حسان مراعبه **نائل قفيشة**

إشراف
د.داوود القواسمي

المشروع هو عبارة عن تصميم لطريق أبو كتيلا - عين ديربحا في مدينة الخليل، حيث تعتبر مدينة الخليل من كبرى المدن الفلسطينية، و تكمن أهمية الطريق من كونه طريق يصل بين منطقة ابوكتيلا ومنطقة عين ديربحا الجلدة في مدينة الخليل، و يعتبر هذا المشروع تطبيقا للأعمال التقنية الهندسية حيث يهدف لتصميم طريق بين هاتان المنطقتان، و يتكون هذا المشروع من أعمال ميدانية و أخرى مكتبية، و يحتوي على التصميم الأفقي والعمودي و المنحنيات الرأسية و الأفقية و تصريف مياه الأمطار وفحوصات التربة وتصميم الرصفات.

Abstract

DESIGN ABU KTELA EIN DERBAHA STREET

Project Team:

Bilal Shawer **Hafez AL-ashhab**

Hassan Marabeh **Nael Qafeasheh**

Supervisor:

Dr. Daood AL-Qawasmeh

This project is design for Abu Ktela Ein Derbaha street in Hebron city, the importance of this street is that it connects the major areas in Hebron city, this project is an application for engineering and technical specifications that have to be considered in road design, the project consist of theory and calculations chapters as shown in the project scope, the project has two parts: field work and office work. The plans the project will contain are: Horizontal plan, profile, horizontal and vertical curves, cross sections, drainage water, traffic and pavements.

□1□

الفصل الأول

مقدمة

الفصل الأول

مقدمة

١-١ نظرة عامة:

ينحصر العمل في تحسين الطرق و تسهيل انتقال الناس والبضائع بين أنحاء المدينة، ولكن بالتغير الاقتصادي ونمو البلد عمرانياً واجتماعيا واتساع حركة النقل وجد أنه من الضروري أن يناط العمل بدراسة هندسية تختص به، وبما أن الطرق هي عنوان نهضة البلاد وتقدمها، وهي الشريان الذي تنساب من خلاله حركة المرور التي تؤثر على البلاد اقتصاديا واجتماعيا وأمنياً فيجب أن نعيره اهتماما خاصاً، وبذل في إنشائها الكثير من الجهد والأموال، ولما كانت الطرق في الخليل ضيقة لا تكاد تتسع لأكثر من سيارتين كما هو الحال في معظم أنحاء فلسطين، ولم تكن هندستها والمواد المستعملة في رصفها تقوى على تحمل تقلبات الجو فتتشقق وتتلف، ومع ذلك فإنها كانت تكفي لحاجة مستخدميها التي لم يكن بها من المركبات الشيء الكثير.

ومع ازدياد نشاط الحركة العمرانية والاقتصادية وتزايد عدد السكان، وعدد السيارات بمختلف أنواعها،كان من الواجب العمل على تطوير شبكة الطرق بما يتناسب وتلك النهضة، فلابد من ربط أطراف المدينة بشبكة من الطرق الرئيسية والفرعية.

ومع اتساع العمران وقيام مناطق سكنية جديدة وازدياد الازدهار الاقتصادي وتوسع الحركة التجارية وما أستتبع ذلك من زيادة حركة النقل فيما بين مدينة الخليل وقراها لم تعد الطرق القائمة بتقاطعاتها المتعددة وإشاراتها الضوئية وأحجامها غير المناسبة قادرة على استيعاب حركة المرور المتنامية، ولقد تبين من الدراسات التي أجريت على الطرق وحركة المرور عليها أن هناك حاجة ماسة لإنشاء شبكة من الطرق الرئيسية والفرعية للتغلب على الاختناقات المرورية وتسهيل انسياب حركة المرور وتفادي الكثير من حوادث الطرق.

2-1 أهمية المشروع:

بعد التوجه إلى بلدية الخليل والإطلاع على المناطق الحيوية الرئيسية قيد التوسيع والتي تفتقر إلى الطرق المصممة هندسيا، تبين انه لا يوجد طريق مختصرة تربط بين منطقة أبو كتيلا ومنطقة عين دير بحا/ الجلدة، علما أن المنطقة بحاجة إلى طريق تصل بين هاتين المنطقتين وذلك لتقليل الازدحامات المرورية عن شارع السلام والاقتصاد في الوقت والمصاريف، آخذين بعين الاعتبار إن هنالك مبنى قيد الإنشاء لجامعة القدس المفتوحة، بالتالي تسهيل عملية التنقل وحركة المرور وإنعاش تلك المنطقة.

3-1 موقع المشروع:

تقع هذه الطريق في وسط مدينة الخليل في منطقة ابوكتيلا، بالقرب من مباني جامعة بوليتكنك فلسطين/ابو كتيلا كما يظهر في مخطط دليل الموقع في الشكل (1-1) ، وهو عبارة عن طريق غير معبد في الوضع الحالي بعرض متوسط 3.5 مترا و بطول 1000 متر تقريبا.

4-1 الهدف من المشروع:

١. التصميم الأفقي للطريق الذي يغطي كافة التفاصيل الخاصة للتخطيط الأفقي لمسار الطريق مثل طول المسار ونقاط التقاطع وتصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أنصاف أقطارها، وبالإضافة إلى التصميم الرأسي وبالتالي تحديد الانحدارات والمنحنيات الرئيسية ومسافة الرؤية، ويحتوي على التصميم العرضي للطريق لتحديد عرض جسم الطريق وتصميم الميول الجانبية.
2. تحديد الحجم المروري نتيجة لتطوير الطريق والزيادة السكانية.
3. تصميم قنوات تصريف المياه.
4. تصميم طبقات الطريق، الأساس وفوق الأساس.

A3

5-1 مكونات المشروع:

سنستعرض في هذا المشروع ما يلي:

- الأعمال المساحية وتحديد مسار الطريق.
- التصميم الهندسي (ويشمل التصميم الأفقي والتصميم الرأسي).
- دراسة طبيعة مكونات التربة على الطريق وإجراء الفحوصات المخبرية اللازمة لتحديد مدى صلاحياتها لإنشاء الطريق.
- تصميم الرصفة المؤلفة من الأساس وتحت الأساس والسطح حيث سيتم تحديد نوع ومواصفات المواد المستخدمة في كل طبقة من الطبقات مع تحديد سماكة كل طبقة.
- تصميم قنوات تصريف مياه الأمطار.
- التكلفة.
- الخلاصة والتوصيات.

6-1 خطوات العمل

1-6-1 المسح الاستكشافي:

لتسهيل عملية التعرف على طبيعة المنطقة قمنا بالإطلاع على المخططات المتوفرة للمنطقة والصور الجوية، وحركة المرور، والتعرف على طبيعة التربة في المناطق التي سيقطعها الطريق.

وتوفر هذه الدراسة كماً هائلا من المعلومات التي تحدد جميع أعمال التصميم أو التخطيط ومن هذه المعلومات التي نحصل عليها بدقة هي :

- تحديد موقع المشروع.
- تحديد حرم المشروع والأراضي المحيطة.
- تحديد طبوغرافية المنطقة التي سيمر منها الطريق.
- تحديد مناخ المنطقة وتحديد كميات الأمطار.
- الدراسة المكتبية.

1-6-2 المسح المبدئي:

تحديد محور المسار المقترح بعناية فائقة باستخدام أجهزة المساحة ويتم ذلك كما يلي :

- رفع وتوقيع جميع الظواهر الطبوغرافية حول المسار المقترح بواسطة جهاز الدستومات و الحصول على جميع البيانات اللازمة لعمل الطريق
- الحصول على كل المعلومات والبيانات الأساسية الخاصة بنوع التربة وخواصها ومدى تناسبها.
- عمل دراسة اقتصادية.

1-6-3 الفحوصات المخبرية:

- التعرف على أنواع التربة الموجودة.
- تصنيف التربة حسب الأنظمة العالمية.
- تحديد الخواص الهندسية للتربة.
- معرفة عمليات الدمك في الموقع.
- معرفة مواصفات وتركيب الطبقة السفلى في الطريق.

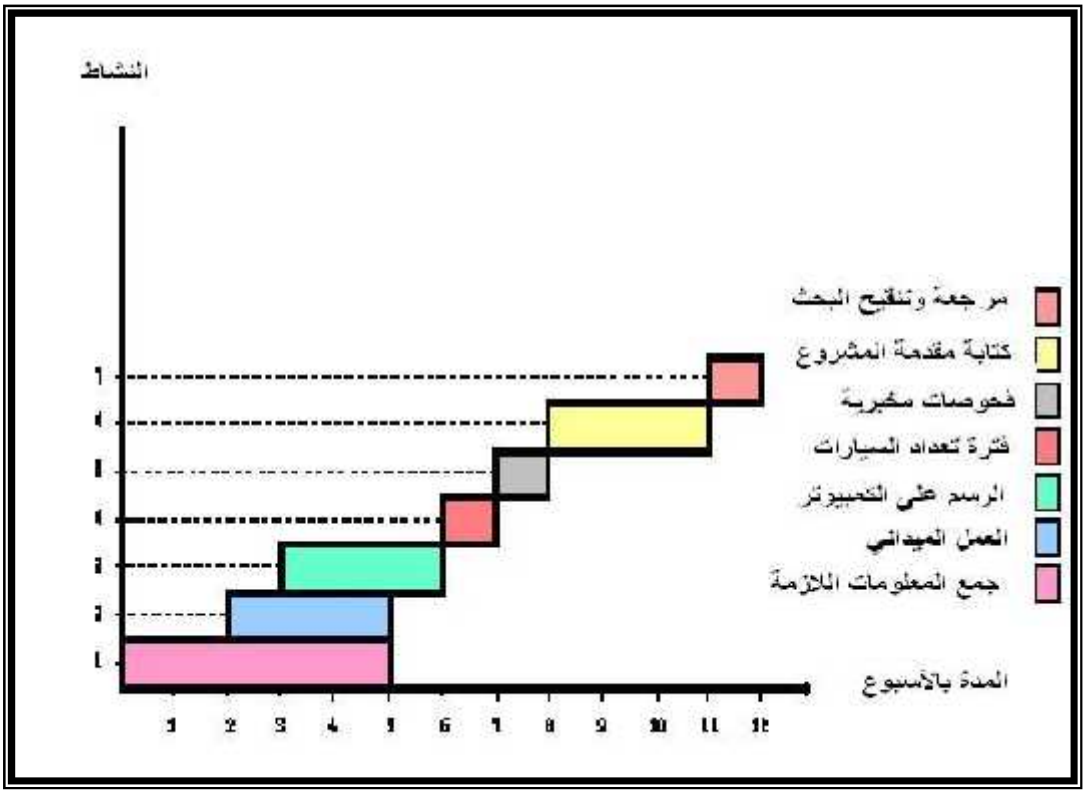
1-7 الدراسات السابقة:

عند التخطيط للقيام بدراسة تنفيذ أي مشروع في أي مجال من المجالات لابد من الأخذ بعين الاعتبار دراسة وتحليل الدراسات السابقة لأن ذلك العمل له فائدة كبيرة من حيث التعرف على الأفكار المراد عملها في هذا المشروع وبعد دراستها وتحليلها يتم التعرف على نقاط القوة والضعف فيها ومحاولة الاستفادة منها ومحاولة تصحيح الأخطاء إن كانت موجودة وهذه الدراسات ذات فائدة لأنها توفر الوقت حيث يمكن البدء من حيث انتهت تلك الدراسات مع مراعاة تطوير ما وصلت إليه.

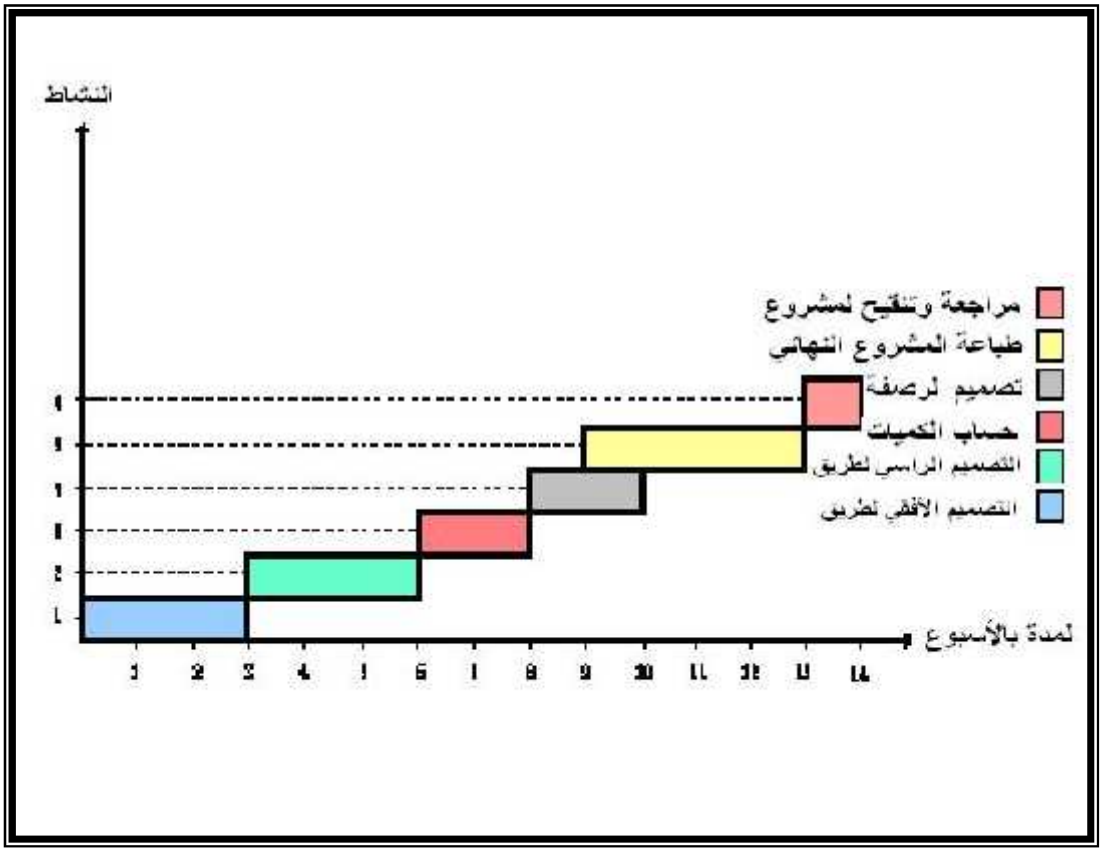
وبشكل عام يلاحظ ضعف التخطيط والتصميم والصيانة الدورية لشبكة الطرق في المدينة، وهذا ناتج عن انعدام التنسيق المستمر بين أقسام البلدية. أو لعدم مقدرة البلدية على تخطيط و تصميم بعض الطرق على الأسس الهندسية بسبب الظروف السياسية والاقتصادية المتحكمة في وضع المدينة. وكذلك الحال بالنسبة لطريق ابو كتيلا – عين دير بحا الذي لا تتوفر له أية مخططات وتصاميم في بلدية الخليل.

8-1 الجدول الزمني:

- **لمقدمة المشروع:**



- المشروع:


النشاط
مراجعة وتنقيح لمشروع
طباعة المشروع النهائي
تصميم لرصفة
حساب الكميات
التصميم الراسي لطريق
التصميم الأفقي لطريق
لمدة بالأسبوع

□٢□

الفصل الثاني

الأعمال المساحية

الفصل الثاني

الأعمال المساحية

تشتمل الأعمال المساحية التي تتطلبها دراسة طريق معين على المراحل الرئيسة التالية:

- أعمال استطلاعية.
- أعمال مساحية أولية.
- أعمال مساحية نهائية تفصيلية.

1-2 الأعمال الاستطلاعية (reconnaissance) :

الغاية منها تحديد مسار أو أكثر يحقق غايات وأهداف الطريق وقد قمنا بجولات استطلاعية باستخدام المركبات المناسبة حسب طبيعة المنطقة، بالإضافة إلى السير على الأقدام ، ومن المساعد والمهم جداً اصطحاب الخرائط المتوفرة للمنطقة الذي من شأنه أن يعين في البحث على الطبيعة عن الأماكن المناسبة لإمرار الطريق منها والمفاضلة بين خيار و آخر.

هناك أمور عديدة تم أخذها بعين الاعتبار في هذه المرحلة، ومنها الأهمية الاقتصادية للطريق، والخدمات التي يقدمها الطريق، أو يساهم في تطويرها، بالإضافة إلى ميول الأرض التي سيمر منها الطريق، والمعلومات الفنية التي يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة، وربما أيضا من التقارير الفنية والبيانات الإحصائية المتعددة التي قد تتوفر عن منطقة المشروع، والمشاريع المشابهة أو المجاورة.

وذلك اختصارا وتسهيلا وزيادة في فعالية مرحلة الأعمال الاستطلاعية، حيث لجأنا إلى البحث عن كل ما يتوفر من خرائط وصور جوية وتقارير ومعلومات حول المنطقة المراد إمرار الطريق إليها ، لقد تم اقتراح المسار أثناء عملية الاستكشاف والسير المباشر على المنطقة مع الاستعانة بالطرق الموجودة أو مسارب المشاة .

حيث تم مراعاة ما يلي :

- تأثير المسارات على المجتمع اجتماعيا واقتصاديا وبيئيا.
- محاولة جعل طول المسار أقصر ما يمكن.
- أن تسير المسارات على المناطق السهلية وتنساب مع خطوط الكنتور، كما يجب تجنب آبار المياه والأنهار قدر الإمكان كما يتم تجنب هدم البيوت أو تقطيع الأشجار و إتلاف المناطق السياحية، ويجب الإشارة هنا على أنه من الضروري تجنب الانحدارات الشديدة.
- تأثير الطريق على الشوارع الأخرى أي مدى ارتباط الطريق الجديدة للطرق الموجودة فعلا.
- مراعاة التقاطعات مع الطرق الأخرى.

ومن خلال عملية المسح الاستطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها، تم التعرف على طبيعة الانحدارات على الطريق، وأماكن تجمع المياه وذلك لمعرفة الأماكن التي تحتاج إلى عبارات.

2-2 مرحلة الدراسة المساحية الأولية (preliminary survey) :

في بداية هذه المرحلة قمنا بعمل مضلع يكشف قدر الإمكان كل نقاط الطريق المقترح حيث أن الهدف من وراء عمل مضلع هو تعيين إحداثيات وبالتالي مواقع نقاط جديدة انطلاقا من واستنادا إلى شبكة نقاط قديمة معلومة الإحداثيات بدقة كشبة المثلثات أو المسح المثلثي، بهذا تساهم أعمال المضلعات في تكثيف شبكة النقاط المعلومة ومن ثم تسهيل أعمال ربط المساحة الأخرى بشبكة الإحداثيات العامة للدولة، كذلك يجب أن تكون دقة وشمولية الأعمال المساحية كبيرة بحيث تسمح لتعيين أو اختيار محور الطريق الأفضل الذي يمكن أن يمر من خلال كل مسار، ومن أجل تحقيق ذلك تم قراءة الزوايا الرأسية والأفقية والمسافات المائلة وتم حساب الإحداثيات لكافة نقاط المضلع باستخدام برنامج (Mass2) وبرنامج الأوتوكاد .

كما تم بعد ذلك دراسة المخططات الطبوغرافية التي رسمت من الواقع وتم تعديل المسارات للتوصل إلى أنسب مسار يحقق أفضل الشروط.

وقد قمنا بتنفيذ الأعمال التالية:

- **عمل مضلع** (Link Traverse) للطريق كما هو مبين **في ملحق رقم**(١) ، يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي أيضا بنقطتين معلومتي الإحداثيات.كما هي مبينة في الجدول (٢-١).

الجدول (٢-١) نقاط الإحداثيات المعلومة في Traverse

X	Y	**النقطة**
158018.31	106155.30	٥٠٠
158069.30	106217.99	٨٠
157464.72	105328.51	992
157560.22	105247.79	991

- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل من أبنية وأعمدة تلفونات وأعمدة كهرباء و وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل.
- اخذ مقاطع عرضية للطريق كل (20) **مترا وبعرض** (20) مترا من المركز وعند كل تغير **وذلك** لحساب كميات الحفر والردم المطلوبة من أجل التوسع.
- عمل فحوصات التربة اللازمة وذلك من أجل تحديد تصنيف التربة المراد إنشاء الطريق عليها ومن أجل حساب التصميم الإنشائي ومعرفة سماكة الرصفات.
- دراسة حجم المرور على الطريق وعلى الطرق الرئيسية المتصلة به.
- **دراسة** طبيعة التربة المحيطة وذلك لحساب كمية المياه (Over Flow) وذلك لتصميم العبارات **المناسبة**.

3-2 مرحلة الأعمال المساحية النهائية:

لقد تم إنجاز المخططات الأولية اللازمة، وتم استخدام هذه المخططات والمعلومات المساحية الأولية المختلفة لدراسة مختلف المسارات الممكنة، وتم اختيار المسار الأمثل والأفضل.

تتضمن هذه الدراسة عادة رسم المقاطع المطلوبة لعدة مسارات لغايات تقدير لكمية الأعمال الترابية المطلوبة من حفر وردم، كما يتم تحديد مواقع الجسور والعبارات.... **الخ**. وتم الأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية، والاجتماعية، والاقتصادية، والفنية التي تسهل عملية اختيار مسار الطريق.

□٣□

الفصل الثالث

حجم المرور

الفصل الثالث

حجم المرور

1-3 حجم المرور

يقاس حجم المرور على طريق ما بعدد المركبات التي تمر بنقطة أو محطة على الطريق خلال فترة زمنية محددة. ويعتبر من العوامل الأساسية التي يتوقف عليها التصميم الهندسي للطرق على أن يشمل حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا. ويختلف حجم المرور عن كثافة المرور التي هي عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة من الطريق.

كما يتغير حجم المرور من ساعة لأخرى، وعليه فيجب حساب حجم المرور على مدار السنة على أساس الحد الأدنى والحد الأقصى للمرور في كل ساعة من ساعات اليوم الواحد، ثم في كل يوم من أيام الأسبوع ومن هنا يتم تحديد الشهر الذي يصل فيه المرور إلى أعلاه أو أدناه. ويمكن التعبير عن حجم المرور بحجم المرور اليومي المتوسط وحجم المرور الساعي التصميمي.

1-1-3 حساب حجم المرور اليومي المتوسط:

وهو عبارة عن المعدل السنوي اليومي للمرور، ويعد من المؤشرات الرئيسية لتحديد حجم المرور على الطريق، ويحسب حجم المرور المتوسط كالتالي:

حجم المرور اليومي المتوسط = حجم المرور السنوي ÷ 365

وكما هو متوقع فإن حجم المرور يتغير تبعا لكل ساعة من ساعات اليوم، وبين يوم وآخر من أيام الأسبوع ولكل شهر من أشهر السنة. وكذلك فإن خصائص حجم المرور تتغير هي الأخرى، فنوع ونسبة المركبات يعتمدان على الوقت من اليوم والاتجاه والمنطقة. ولذلك فإنه من المهم جداً تحديد نسبة تدفق المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة، وهي مهمة عند تصميم سعة الطريق. والمثال المدرج في الجدول (3-1) يوضح الفرق بين حجم المرور ونسبة تدفق المرور لمدة ساعة من الدراسة لطريق معين:

جدول (3-1): مثال يوضح الفرق بين حجم المرور ونسبة تدفق المرور لمدة ساعة.

التوقيت	عدد العربات المارة	نسبة تدفق المرور (عربة /ساعة)
7.15 –7.00	1000	4000
7.30- 7.15	1100	4400
7.45 – 7.30	1000	4000
8.00 – 7.45	900	3600
المجموع	4000	

فمن خلال البيانات المدرجة في الجدول أعلاه نلاحظ أن نسبة تدفق المرور القصوى قد وصلت إلى 4400 عربة في الساعة في فترة الذروة (ما بين 7.15 - 7.30) رغم أنه لم يمر على الطريق سوى 4000 عربة خلال الساعة الكاملة.

من هنا يتضح أن التصميم على أساس حجم المرور اليومي المتوسط دون الأخذ في الاعتبار فترات الذروة قد يؤدي إلى الاختناق في المرور عند ساعات الذروة. كما أن تصميم أي طريق بحيث لا يكون مزدحماً على الإطلاق لن يكون اقتصاديا وعليه فإنه يجب اختيار حجم المرور التصميمي بعد دراسة مفصلة ودقيقة.

2-1-3 حساب حجم المرور الساعي التصميمي:

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

3-1-3 حساب حجم المرور المستقبلي:

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

- حجم المرور الحالي على الطريق
- الزيادة الطبيعية في عدد المركبات الناتجة عن الزيادة في عدد السكان والتطورات الاقتصادية والسياحية والزراعية والصناعية للمنطقة.
- حجم المرور الناتج عن إنشاء الطريق.
- وتعتبر من (15-20) سنة فترة زمنية مقبولة عند تقدير كمية المرور اللازمة للتصميم. وبحسب حجم المرور التصميمي من العلاقة التالية:

$$VD = VN (1 + e)^n \qquad (1-3)$$

حيث:

VD: حجم المرور اليومي التصميمي.

VN: حجم المرور الحالي.

e: معدل الزيادة السنوي في حجم المرور.

n: عدد السنوات.

2-3 سعة الطريق:

تعرف السعة للطريق على أنها العدد الأقصى من المركبات التي لها توقع معقول بالمرور على الطريق خلال فترة زمنية معطاة وتحت الظروف السائدة للطريق والمرور. وتتوقف سعة الطريق على حجم وتركيبة المرور وعلى سرعة السير والتداخلات التي تتعرض لها حركة المرور. وتعتبر السعة من العناصر الأساسية التي تؤخذ في الاعتبار عند تصميم القطاع العرضي للطريق لاستيعاب حجم المرور التصميمي المتوقع على الطريق والجدول (3-2) يبين قيم السعة لبعض أنواع الطرق حسب مواصفات هيئة آشتو الأمريكية (AASHTO).

- وتتأثر السعة بعدة عوامل منها:

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

جدول(٣-٢):سعة الطريق حسب مواصفات هيئة آشتو(AASHTO).

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

3-3 تركيب المرور:

المقصود بتركيب المرور هو تحديد نسبة عربات النقل والحافلات بالنسبة لحجم المرور الساعي التصميمي.

3-4 عربات التصميم:

هناك عدة أنواع من المركبات منها السيارات الخاصة وحافلات النقل والشاحنات الصغيرة والشاحنات الكبيرة, وتختلف هذه المركبات عن بعضها بأبعادها وأحجامها وأوزانها. وتسير جميع هذه الأنواع من المركبات تقريبا على الطرق، وعليه يلزم معرفة خصائصها لكي تؤخذ في الاعتبار أثناء تصميم الأجزاء المختلفة لقطاع الطرق. ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور وتشمل هذه الخصائص:

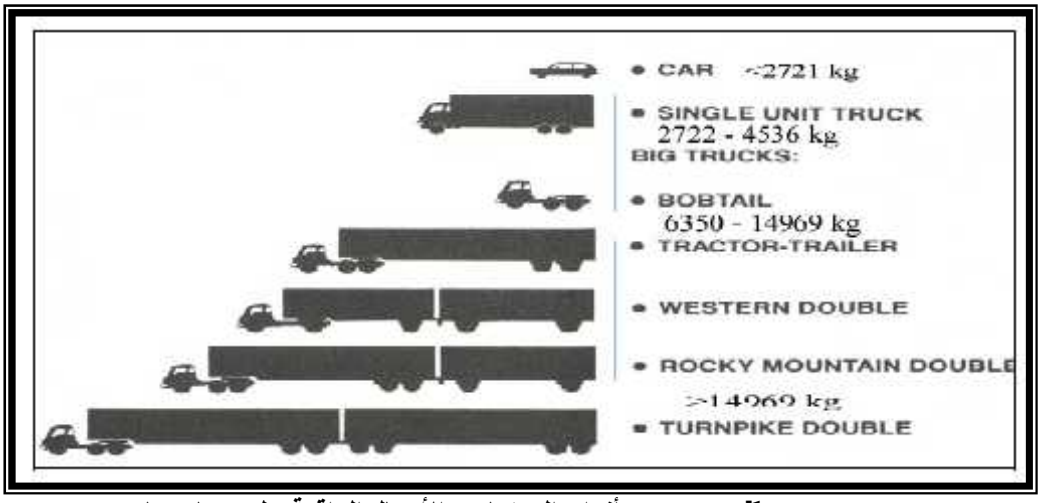
- الطول الكلي للمركبة:
- العرض الكلي للمركبة
- ارتفاع المركبة
- وزن المركبة
- قدرة المركبة
- البعد بين العجل الأمامي والخلفي للمركبة
- البعد بين مقدمة المركبة والعجل الأمامي
- البعد بين مؤخرة المركبة والعجل الخلفي

ومن الطبيعي أن يتم التركيز على خصائص المركبات الأكثر استخداما للطريق عند التصميم لأنها تشكل النسبة الأكبر من حجم المرور. وقد بينت الدراسات أن للشاحنات تأثيراً كبيراً على رصف

الطريق ويزداد تأثيرها كلما زاد ثقلها. ومن هنا كان لا بد من التعمق في دراسة أنواع مركبات النقل من حيث أبعادها وعدد محاورها ومدى تأثيرها على الرصف. ويعطى الجدول (3-3) الأبعاد الرئيسة للعربات الخاصة ومركبات النقل حسب مواصفات آشتو والشكل (3-1) يبين الأحمال الواقعة على محاورها.

جدول (3-3): الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات هيئة آشتو (AASHTO).

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



شكل (3-1): أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها.

3-5 السرعة التصميمية:

تعرف السرعة التصميمية على أنها السرعة القصوى الآمنة التي يمكن المحافظة عليها فوق قطاع معين من طريق ما عندما تكون الظروف ملائمة لدرجة تسمح للظواهر التصميمية للطريق بالتحكم.

وهناك فرق بين سرعة التصميم والسرعة الحقيقية التي يجب أن تسير عليها المركبات وهي أقل من الأولى بسبب الازدحام والظروف المحيطة بالطريق.

ويعد اختيار السرعة التصميمية أمراً بالغ الأهمية بسعة الطريق، وأنصاف أقطار المنحنيات الأفقية، وحدة الانحدارات، ومسافة الرؤية وغيرها من العناصر التصميمية للطريق. فكلما زادت سرعة التصميم كلما كان الطريق مهيئاً لاستيعاب أعداد كبيرة من المركبات وكانت منحنياته واسعة وانحداراته غير حادة وزادت فيه مسافة الرؤية.

ويتوقف اختيار السرعة التصميمية على عدة عوامل أهمها:

- طبوغرافية المنطقة
- حجم المرور
- تركيبة المرور
- تضاريس المنطقة

وتتراوح السرعة التصميمية من 30 إلى 120 كم /الساعة وقد تتغير على نفس الطريق بسبب التغير في الملامح الطبيعية للطريق، إلا أنه ينصح بتجنب التغييرات المفاجئة في السرعة التصميمية على امتداد أي طريق وبصفة خاصة على الطرق السريعة.

6-3 حصر المرور:

1-6-3 تعداد المركبات:

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

- عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من أجل تحديد ساعات وأيام الازدحام.
- المعدل اليومي للسير (Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام.
- معدل السير السنوي (Annual Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال أيام السنة مقسوما على عدد أيام الستة.
- عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume).

2-6-3فترات 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.

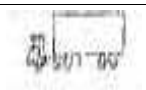
وإن حجم السير الحالي، وما يطرأ عليه من زيادة هو الذي يحدد مقدار التوسيع لعرض الطريق. وحجم السير المتوقع خلال فترة التصميم أمر مهم في عملية تصميم الطريق حيث إن مقدار

التوسعة للطريق تعتمد على حجم المرور المتوقع خلال فترة التصميم. ويستخدم معدل السير اليومي (A.D.T) في التصميم ولكن هذا المعدل يختلف من وقت لآخر.

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

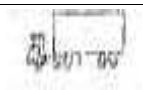
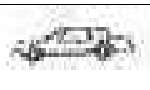
وكان المعدل المتوسط لفترة التعداد في الاسبوع كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (3-4): المعدل المتوسط لفترة التعداد في الاسبوع.

			الوقت
1	1	3	7.30-8.00 am
0	1	2	8.00-8.30am
0	1	1	8.30-9.00am
0	0	1	9.00-9.30am
1	1	1	11.30-12.00am
1	1	1	12.00-12.30pm
1	1	2	12.30-13.00pm
1	1	2	13.00-13.30pm
0	1	1	13.30-14.00pm
1	1	1	14.00-14.30pm
1	1	١	15.30-16.00pm
1	1	1	16.00-16.30pm
0	1	1	16.30-17.00pm

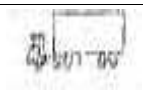
بعد عملية التعداد وإيجاد المتوسط لفترة التعداد خلال اسبوع قبل انشاء الشارع، يتوقع زيادة عدد السيارات المارة بعد عملية إنشاء الطريق نتيجة الزيادة السكانية، ووجود جامعة القدس المفتوحة التي هي قيد الإنشاء، والتي يتوقع ان تبدأ الدراسة بها بعد عدة سنوات ، ونتيجة التوسع العمراني في تلك المنطقة، وايضا هذا الطريق هو طريق مختصر بين ابو كتيلة وعين ديربحا الجلدة، هذا يعني انه سوف تزداد حركة المرور على هذا الطريق الذي يتفرع الى المناطق الاخرى، وتم الأخذ بعين الاعتبار المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى أبو اكتيلة خلال أسبوع ، وكانت على النحو التالي :

جدول (3-5): المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى أبو اكتيلة.

			الوقت
5	١٨	٦٧	7.30-8.00 am
4	15	٥٢	8.00-8.30am
2	17	45	8.30-9.00am
1	13	٣٤	9.00-9.30am
٣	١١	٢٧	11.30-12.00am
٢	٩	٣١	12.00-12.30pm
4	16	٥٣	12.30-13.00pm
7	21	76	13.00-13.30pm
5	14	66	13.30-14.00pm
4	13	48	14.00-14.30pm
3	11	31	15.30-16.00pm
2	8	28	16.00-16.30pm
3	12	25	16.30-17.00pm

كما تم الأخذ بعين الاعتبار أيضا المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى عين دير بحا **خلال أسبوع** ، وكانت كما **يلي** :

جدول (3-6): المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى عين دير بحا

			الوقت
1	٢	١٦	7.30-8.00 am
1	١	13	8.00-8.30am
0	١	١١	8.30-9.00am
0	٠	٨	9.00-9.30am
٠	١	٥	11.30-12.00am
١	٢	٦	12.00-12.30pm
١	٣	١٤	12.30-13.00pm
1	٤	١٣	13.00-13.30pm
1	٢	١٢	13.30-14.00pm
1	١	٩	14.00-14.30pm
0	١	٦	15.30-16.00pm
١	٠	٤	16.00-16.30pm
٠	1	٣	16.30-17.00pm

وتم أخذ نسبة ٥٠% من عدد السيارات المتجهه إلى طريق ابو اكتيلة، ونسبة ٦٠% من عدد السيارت المتجهة إلى عين دير بحا، وذلك بعد عمل استبيان عن طبيعة حركة المرور وتوجه السيارات في كلا الشارعين وكانت على النحو التالي :

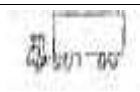
طريق ابو كتيلة :

جدول (3-7): نسبة ٥٠% من عدد السيارات المتجهة إلى طريق أبو اكتيلة.

			الوقت
3	٩	٣٤	7.30-8.00 am
2	8	٢٦	8.00-8.30am
1	9	23	8.30-9.00am
1	7	١٧	9.00-9.30am
٢	٦	١٤	11.30-12.00am
١	٥	١٦	12.00-12.30pm
2	8	٢٧	12.30-13.00pm
4	11	38	13.00-13.30pm
3	7	33	13.30-14.00pm
2	7	24	14.00-14.30pm
2	6	16	15.30-16.00pm
1	4	14	16.00-16.30pm
2	6	١٣	16.30-17.00pm

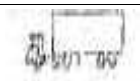
طريق الجلدة – عين دير بحا:

جدول (3-8): نسبة 60% من عدد السيارات المتجهة إلى طريق عين دير بحا.

			الوقت
1	٢	٨	7.30-8.00 am
1	1	٧	8.00-8.30am
0	1	5	8.30-9.00am
0	0	2	9.00-9.30am
٠	١	٣	11.30-12.00am
١	١	٣	12.00-12.30pm
1	2	٦	12.30-13.00pm
1	2	7	13.00-13.30pm
1	1	5	13.30-14.00pm
1	1	2	14.00-14.30pm
0	1	2	15.30-16.00pm
1	0	2	16.00-16.30pm
0	1	٢	16.30-17.00pm

بعد ذلك تم إيجاد مجموع السيارات المارة على الشارع المراد تصميمه ونسبة السيارات المتوقع مرورها على الشارع من كلا الشارعين المجاورين (أبو اكتيلة) و(عين دير بحا – الجلدة) ، فكانت كما هو مبين في الجدول التالي:

جدول (3-9): مجموع ونسبة السيارات المارة على الشارع من كلا الاتجاهين.

الوقت			
7.30-8.00 am	٤٥	١٢	5
8.00-8.30am	٣٥	10	3
8.30-9.00am	29	11	1
9.00-9.30am	20	7	1
11.30-12.00am	١٨	٨	٣
12.00-12.30pm	٢٠	٧	٦
12.30-13.00pm	٣٥	11	4
13.00-13.30pm	32	14	6
13.30-14.00pm	39	9	4
14.00-14.30pm	27	9	4
15.30-16.00pm	19	8	3
16.00-16.30pm	17	8	3
16.30-17.00pm	١٦	8	3
المجموع	٣٥٢	١١٩	٤٩

وكانت عددساعات التعداد ٦ ساعات ونصف في اليوم خلال أسبوع ، وتم حساب عدد السيارت المارة خلال ساعة كما يلي:

سيارات صغيرة: ٣٥٢/٦.٥= ٥٤ سيارة/ساعة.

سيارات متوسطة: ١١٩/٦.٥= ١٩ سيارة/ساعة.

سيارات صغيرة: ٤٩/٦.٥= ٨ سيارة/ساعة.

ولحساب عدد المركبات المستخدم في تصميم الطريق يتم حسابه عن طريق المعادلة التالية بما يقابلها من المركبات الصغيرة حسب معامل الزيادة:

جدول (3-10): العلاقة بين أنواع المركبات و معامل الزيادة.

أنواع المركبات	معامل الزيادة (Peak Factor)
سيارات صغيرة	1
سيارات متوسطة	2.5
شاحنات	3

عدد المركبات = (السيارات الصغيرة×1) + (السيارات المتوسطة×2.5) + (الشاحنات×3).

عدد المركبات = (٥٤×١) + (١٩×٢.٥) + (٨×٣)

= ١٢٤ مركبة /ساعة. أسبوع.

المعدل اليومي لحجم المرور = ١٢٤ × 24

= ٢٩٧٦ مركبة لكل يوم / أسبوع

والمعدل اليومي بعد إفتتاح جامعة القدس المفتوحة والتي هي قيد الإنشاء والزيادة السكانية تم إضافة ٢٠% لعدد المركبات للطريق :

= ٢٧٩٦+ (٢٧٩٦ × ٢٠%)

= ٣٥٧١ مركبة لكل يوم / أسبوع

في حال عدم توفر معلومات دقيقة عن ساعات الذروة (D.H.V) فإنه يمكن اعتبار حجم السير للتصميم مساويا لنسبة من معدل المرور اليومي (K).

D.H.V= K×(A.D.T)

Where:

K= constant between (0.12 – 0.24)

ولحساب عدد المسارب لاستيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي خلال فترة زمنية معينة (20سنة)، يتم ضرب معدل المرور اليومي الحالي في معامل الزيادة الذي قيمته (Peak Factor=2.5) ولأن معظم الطرق في الضفة الغربية من الدرجة الثانية فقد كان هذا الطريق(أبو اكتيلة – عين دير بحا) من الدرجة الثانية وقد تم اعتماد السعة التصميمية (٨٥٠مركبة/ساعة) .

حيث أن السعة التصميمية (Design Capacity) : عبارة عن أقصى عدد من المركبات يمكن أن تمر من خلال نقطة معينة خلال ساعة تحت الظروف الموجودة فعلا وتتراوح قيمتها بين (1200–700) ، وتعتمد هذه القيمة على مقدار السرعة التصميمية للطريق ، وعلى درجة الطريق.

المتوسط اليومي لحجم المرور (ADT)= 3571 مركبة/ يوم.

عدد المركبات بعد 20عام = 3571 × ٢.٥.

= ٨٩٢٨ مركبة / يوم.

حجم المرور للساعي التصميمي (DHV) = K× (A.D.T)

= 0.16× 8928

= 1428 مركبة /ساعة.

عدد المسارب = 1428/850

= ١.٧ تقريبا = ٢ (عدد المسارب = ٢).

□٤□

الفصل الرابع

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

الفصل الرابع

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

4-1 مقدمة:

يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق أو الشارع, ولذلك يجب أن يغطي هذا التصميم الانحدارات سواء كانت طولية أو عرضية ، والتصميم الأفقي والرأسي للطريق ، ومسافات الرؤية والتوقف والتجاوز ، وتصميم التقاطعات ، ويجب أن يفي التصميم بالأمور المتعلقة بالسلامة المرورية على الطريق

لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- أن يؤدي الطريق إلى قيادة آمنة للسيارات والسائق.
- أن يكون التصميم متكاملا مع تجنب التغيرات المفاجئة على المنحنيات أو الانحدارات.
- أن يكون التصميم شاملا لجميع الوسائل الضرورية من علامات الإرشاد والتخطيط والإضاءة.
- أن يكون التصميم اقتصاديا بقدر الإمكان.

وهناك عدة اعتبارات أساسية تحكم عملية التصميم لمسارات الطريق وهي:

١- التجاوب مع الاحتياجات الحالية والانسجام والتكامل مع المتطلبات والمشاريع المستقبلية.

٢- الحاجة للطريق ومدى الاستفادة منها على المستوى الجماهيري.

٣- تحقيق متطلبات الراحة والجمال بشكل يتكامل مع غايات الطريق الأساسية.

٤- تلبية الاحتياجات المرورية لاستعمالات الأراضي المجاورة الحالية منها والمستقبلية

٥- تحقيق الوفر الاقتصادي.

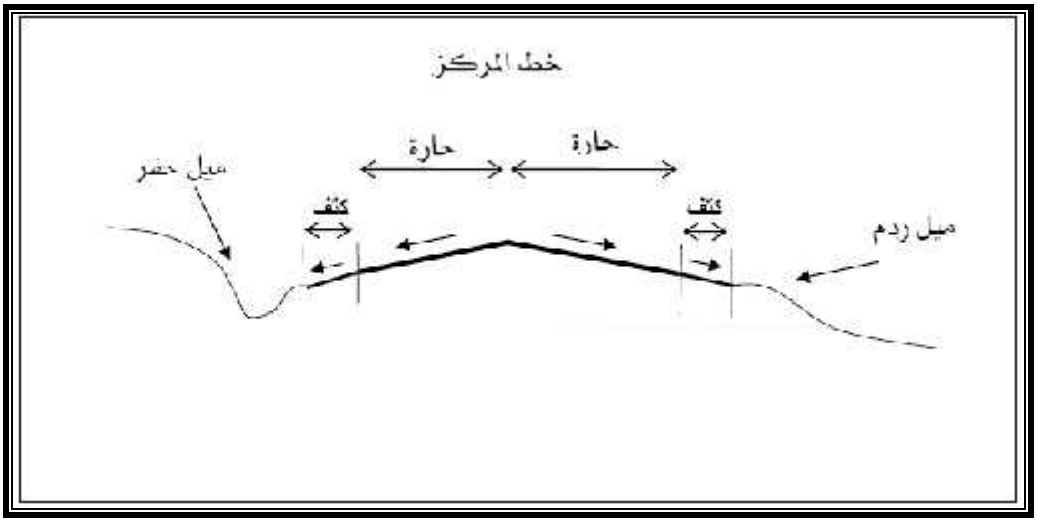
٦- تأمين السلامة العامة بأقصى درجة من الاعتبار في حالات السرعة والكثافة المرورية العالية.

٧- تحقيق مستوى الخدمات المطلوب للمرحلة الحالية مع أخذ المرحلة المستقبلية بعين الاعتبار.

2-4 قطاع الطريق :

يتوقف التصميم الهندسي للعناصر المختلفة لقطاع الطريق على أهمية الطريق ومدى **الاستفادة** من هذا الطريق، فالطرق التي يمر عليها عدد كبير من العربات وبسرعات عالية تتطلب مواصفات تختلف عن تلك التي تتطلبها الطرق التي يمر عليها عدد قليل من المركبات وبسرعات منخفضة، وتشمل هذه المواصفات على عدد وعرض الحارات، حدة الانحدارات الطولية، درجة المنحنيات الأفقية وعرض الأكتاف وغيرها.

فالطرق الرئيسة مثلا تصمم لاستقطاب أحجام عالية من المرور بسرعات عالية فتتطلب إلى عدد كبير من الحارات العريضة وانحدارات طولية صغيرة ومنحنيات منبسطة ذات أنصاف أقطار كبيرة نسبيا، ويوضح الشكل (4-1) **نموذج من مقطع عرضي** لطريق من حارتين.



شكل (4-1): مقطع عرضي لطريق من حارتين.

3-4 حارة الطريق:

الحارة هي الجزء المرصوف من الطريق والمخصص لسير صف واحد من العربات، ولها دور أساسي في تسهيل القيادة وجعلها آمنة، حيث يعتمد الموقف الذي يختاره السائق عند اجتيازه العربات الأقل سرعة منه أو عند مقابلته للعربات القادمة في اتجاهه على العرض المخصص للحارة الذي يسير عليها، ويتوقف تصميم عرض الحارة على أهمية الطريق وعلى السرعة التصميمية، وحتى تكون القيادة سهلة وآمنة فإن المواصفات العالمية تنص على ألا يقل العرض التصميمي للحارة عن 3 أمتار في الطرق المحلية ولا يقل عرض الحارة عن 3.75 مترا في الطرق الرئيسة.

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

4-4 عرض حرم الطريق (Right Of Way Widths):

يجب أن يكون عرض حرم الطريق متسعا بما فيه الكفاية ليشمل جميع أجزاء القطاع بالإضافة إلى عرض إضافي، هذا العرض الإضافي يلزم لعدة استخدامات منها مسار للمشاة، مسار لمستلزمات المرافق، وضع العلامات الإرشادية، الإعلانات، شريحة خضراء أو تشجير بالإضافة إلى عرض قد يخصص مستقبلا للتوسع في عرض الطريق، وشراء هذا الأرض عند إنشاء الطريق أفضل من نزع ملكياتها مستقبلا توفيرا للتعويضات وإرتفاع ثمن الأرض، والجدول التالي يوضح الأبعاد المقترحة من AASHTO لعرض حرم الطرق المختلفة وهي تتوقف على نوع الطريق كما هو مبين في الجدول رقم (٤-١).

جدول رقم (٤-١): حدود حرم الطريق.

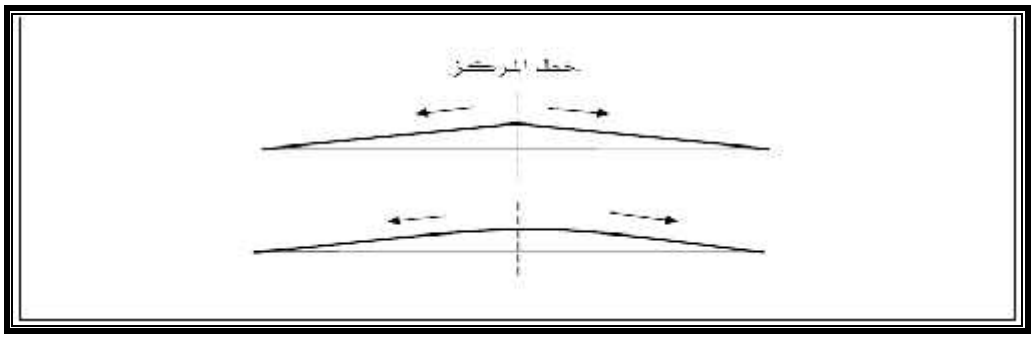
نوع الطريق	حدود حرم الطريق (متر)
طريق من حارتين	36-22
طريق من ثلاث حارات	42-30
طريق من أربع حارات أو أكثر	93-27

٤-٥ سطح الطريق:

تتوقف طبيعة السطح المرصوف على نوع وأهمية الطريق وتركيبة المرور ونوعية مواد الرصف المستعملة وخبرة شركات الرصف وتكلفة الإنشاء وصيانة الطريق ، وتؤثر حالة السطح على سلامة المرور من حيث انزلاق العربات ورؤية السائقين كما تؤثر على راحة المسافرين من حيث الصوت الذي تحدثه العربات عند السير عليها ، فالطرق المصممة لأحجام كبيرة من المرور السريع تتطلب سطوح ناعمة مع خاصية منع الإنزلاق ، إلا أن السطوح الناعمة جدا قد تتسبب في انزلاق السيارات ووقوع حوادث خاصة عندما تكون هذه السطوح مبتلة ، وأما السطوح الخشنة فهي غالبا ما تخصص للمرور الأقل حجما والبطيء نسبيا وتولد أصواتا قد تكون مزعجة في بعض الأحيان ، ويفضل أن تكون الميول العرضية للطريق عند حدها الأدنى في حالة السطوح الناعمة ، أما في حالة السطوح الخشنة فيجب أن تكون هذه الميول عند حدها الأقصى لضمان صرف مياه الأمطار .

4-6 الميول العرضية:

يتم عمل ميول عرضية لسطح الطريق من الجهتين لخط محور الطريق وذلك لتصريف مياه الأمطار، وتتوقف قيم الميول العرضية على نوع الرصف، فيستعمل الميل البالغ 2% للطرق المعبدة والميل البالغ 3% للطرق غير المعبدة مع الملاحظة أن الأكتاف تميل بنسبة أكبر من الحارات ويأخذ سطح الطريق عدة أشكال وعدة حالات من الميول، فهناك الميول المنتظمة وهناك الميول المنحنية على شكل مكافئ كما هو موضح في الشكل (4-2) :



شكل (4-2): الميول المنتظمة و الميول المنحنية.

7-4 الميول الجانبية:

وهي الميول الخاصة بانحدار جانبي الطريق سواء الجسور أو القطوع منها، ويتم تصميمها كآخر مرحلة من مراحل تصميم مقطع جسم الطريق ، ويفضل أن تكون منبسطة قدر الإمكان لضمان الأمان والاستقرار للمركبة في حالة خروجها عن الطريق وعبورها على الميل ، وكلما كانت الميول الجانبية مناسبة لطبيعة التربة كان الطريق أكثر استقرارا وثباتا .

أن تؤخذ الميول التالية:

- 1 : 6 لجسور الردم ذات الإرتفاع الأقل من 1 متر .
- 1 : 4 لأعمال الردم ذات الإرتفاع الذي يكون من ٣ – ١ أمتار .
- 1 : 3 لأعمال الردم ذات الإرتفاع الذي يصل إلى 6 أمتار .
- 1 : 2 لأعمال الردم ذات الإرتفاع الذي يتعدى 6 أمتار .
- 1 : 2 لأعمال الحفر الأقل من 3 أمتار .

جدول (٤-٢): الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة.

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

جدول (٤-٣) : الميول الجانبية للجسور (الردم) حسب الارتفاعات.

الارتفاع (متر)	الميول الجانبية للردم (أفقي: رأسي)	
	مرغوب	أقصى ميل
١-٠	١ : ٦	١ : ٤
٣-١	١ : ٤	١ : ٣
٥-٣	١ : ٣	١ : ٢
٥	١ : ٢	١ : ٢

8-4 الأكتاف:

وهي الأجزاء الجانبية من الطريق الواقعة بين الحافة الخارجية لحارة السير والحافة الداخلية لقناة صرف المياه.

وغالبًا ما يتم إنشاؤها من مواد إسفلتية أقل جودة من تلك التي تستعمل في رصف حارات المرور، وتزود الطرق بهذه الأكتاف لإيواء العربات التي تتوقف بسبب العطل أو في حالات الطوارئ، كما أنها تزيد من سعة الطريق وتشعر السائق بالأمان خصوصا عند السرعات العالية، وتزيد من مسافة الرؤية الأفقية وتساعد على تصريف المياه من سطح الطريق وتستخدم لتوسيع الطريق في المستقبل.

ويختلف عرض كتف الطريق بحسب نوع وأهمية الطريق، فكلما كان مستوى الطريق عاليا زاد عرض الكتف، وفي حالة الطرق السريعة يوصى بعمل أكتاف بميول عرضية كافية لصرف المياه وتكون أكثر حدة من ميول حارات المرور وتتراوح ما بين (2%- 5%) .

9-4 الأرصفة (Sidewalks) :

في داخل المدن تعتبر الأرصفة جزء مكمل للشوارع ومع ذلك فإنه في بعض المناطق الخلوية قد يتطلب الأمر عمل أرصفة للطرق نظرا لعدم وجود إضاءة كافية ومع السرعات العالية للعربات تصبح هذه الطرق غير آمنة بالنسبة للمشاة، والحاجة تصبح ماسة لمثل هذه الأرصفة في الطرق الخلوية والمارة بالقرب من الضواحي عند مناطق المدارس والمصانع و الجامعات والأسواق، وبالطبع تعتبر هذه الأرصفة حالة خاصة جدا ووجودها يتوقف على كثافة المشاة وعلى سرعة وعدد العربات المارة.

10-4 البردورة (Curb):

تحدد البردورات عرض الرصف وبذلك تساعد السائق على القيادة الآمنة وعموما فالغرض من البردورات هو:-

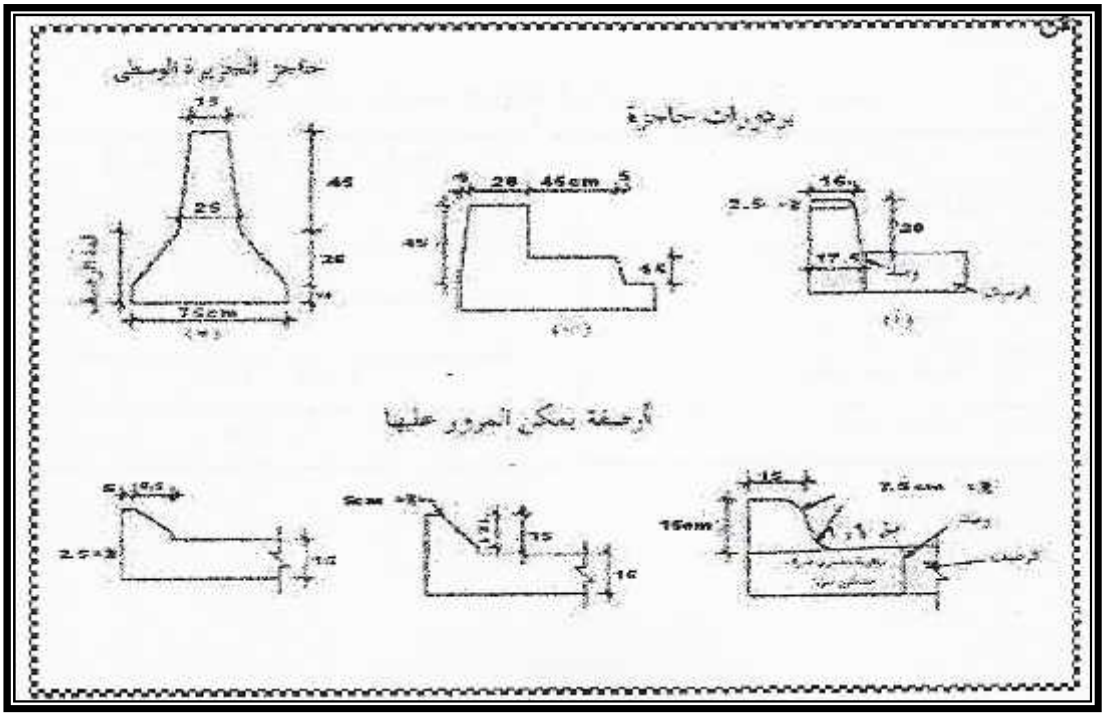
- التحكم في عمليات الصرف السطحي.
- منع العربات من الخروج عن الطريق المرصوف وخاصة عند المناطق الخطرة.
- تحدد حافتي الرصف وتحميهما وخاصة في حالة الطرق الخلوية غير المرصوفة أكتافها.
- وهنالك نوعان رئيسان من البردورات:

النوع الأول وهو مرتفع عن منسوب الرصف بصورة تمنع العربات من الخروج عن حدود الرصف والصعود إلى أعلى البردورة ومنها إلى الرصيف، ويتراوح ارتفاع مثل هذه البردورات بين (15- 50) سم وقد يكون لها قطاع من درجتين، ويستخدم هذا النوع من البردورات في حالة الكباري وأرصفة الموانئ وأرصفة المشاة (ارتفاع لا يتعدى 20سم) حتى لا تتسبب في إصابة الصدامات (Bumpers).

وتستخدم أيضا في حالة الجزر الفاصلة للطرق والشوارع الرئيسية.

والنوع الثاني من البردورات هو النوع المسطح حيث لا يرتفع منسوبه عن منسوب الرصف وفي هذه الحالة يكون سطح البردورة مائلا للانتقل التدريجي من سطح الطريق إلى مداخل الكراجات على سبيل المثال.

ويستخدم هذا النوع من البردورات أساسا في حالة الجزر الفاصلة وفي حالة الطرق الخلوية لعمل فاصل بين سطح الطريق المرصوف والأكتاف التي قد لا تكون مرصوفة أو مرصوفة رصفا طفيفا، كما تستخدم هذه البردورات أيضا في حالة تخطيط التقاطع القنواتي، والشكل (4-3) يوضح وضع البردورة بالنسبة للطرق الحضرية.



شكل (4-3): أشكال البردورة.

11-4 الجزر الفاصلة بين الاتجاهين (Medians):

تستخدم الجزر الفاصلة لفصل حركة المرور المعاكسة وجميع الطرق الحديثة مزودة بجزر فاصلة وخاصة إذا كانت من أربع حارات أو أكثر.

ويجب أن يكون عرض هذه الجزر كافيا لتأدية الغرض الذي من أجله أنشئت وخاصة لتقليل تأثير الأضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا، هذا بالإضافة إلى حماية العربات المعاكسة من التصادم ولإمكان التحكم في المناطق المسموح فيها في الدوران في حالة التقاطعات السطحية، ويتراوح عرض هذه الجزر بين (1.25- 18) مترا أو أكثر ، وبالطبع ليس هنالك ضرورة لان يكون هذا العرض ثابتا على طول الطريق فهو يتغير حسب الحالة ، كما أن منسوب الطريق في الاتجاهين قد يكون مختلفا .

12-4 السرعة (Speed):

تشكل السرعة عاملا أساسيا من العوامل التي تؤثر في عملية النقل ، وتقاس قيمة الطريق بمقدار ما تقدمه من خدمات بسرعة وكفاءة وبأمان وبسعر إقتصادي .

إن دراسة السرعة ودراسة أنواعها المختلفة وسماتها المتعددة أمر ضروري من أجل تصميم الطريق ، بالإضافة إلى تصميم وسائل وإجراءات تنظم السير على الطريق ، كشاخصات بأنواعها المختلفة من شاخصات التحذير والمنع والإرشاد ومنع التجاوز ومناطق تحديد السرعة وغير ذلك ، بالإضافة إلى فوائد الدراسة في حوادث الطرق .

وهناك أنواع متعددة من السرعات حيث يستعان بكل نوع من هذه الأنواع لغرض معين كما يلي:

1-12-4 السرعة التصميمية : (Design Speed)

يقصد بالسرعة التصميمية تلك التي يمكن أن يطبقها السائق دون خطر في ظل المعطيات التصميمية وفي ظل ظروف مناسبة من حيث الطقس والرؤية ..... الخ .

ترتبط السرعة التصميمية التي يمكن أن تتفاوت من مكان لآخر على الطريق ذاته بالعوامل الطبيعية التي تتصل اتصالا مباشرا بحركة المركبات وبسبل تسييرها .

من هذه العوامل نوع الطريق وتضاريس المنطقة التي يمر منها الطريق .

جدول رقم (٤-4): السرعة التصميمية للطرق الحضرية.

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

2-12-4 السرعة التشغيلية : (Running Speed) .

السرعة القصوى التي يسير بها السائق على طريق معين تحت الظروف السائدة دون أن يتعدى السرعة التصميمية.

3-12-4 السرعة اللحظية المتوسطة : (Average Spot Speed) .

تمثل متوسط سرعات السفر وهي أكبر من السرعة المتوسطة الموقعية لنفس العينة.

٤-١٢-٤ سرعة الجريان(Running Speed):

تعتبر السرعة الجارية للمركبة في قطاع معين من الطريق عبارة عن المسافة المقطوعة مقسومة على زمن الرحلة (فقط زمن سير المركبة).

جدول رقم (4-5): العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان.

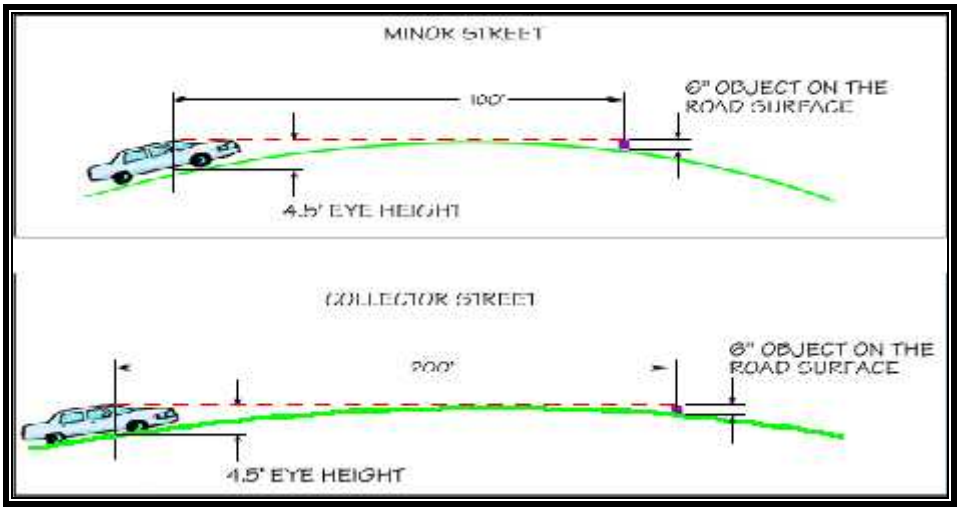
السرعة التصميمية كم/ساعة	سرعة الجريان كم/ساعة
50	45
60	53
70	61
80	68
90	75
100	81
110	88
120	94
130	100
140	106

13-4 مسافة الرؤية (Sight Distance).

تطلق مسافة الرؤية **على الجزء من** الطريق المرئي بالنسبة للسائق ، والمقدرة على رؤية **أكبر** مسافة من الطريق أمام السائق تعتبر من أهم العوامل التي تساهم في زيادة درجة الأمان وسيولة المرور وعليه **فإنه** يجب تصميم منحنيات توفر مسافة رؤية كافية بحيث يستطيع السائق أن يتجنب أي عوائق مفاجئة قد تقابله أثناء المسير على الطريق مرتبطة مع السرعة التصميمية .

ومسافة الرؤية هذه غالبا ما يطلق عليها **أقل مسافة للوقوف الآمن** . ولا يسمح للتجاوز في هذه الحالة ، وبالإضافة لذلك يجب أن توفر على فترات متقاربة مسافات رؤية كافية في حالة الطرق المكونة من حارتين أو ثلاثة لإمكان تجاوز العربات لبعضها بدون مخاطر ، وفي هذه الحالة يطلق على هذه المسافة **مسافة التجاوز**.

ومسافة الرؤية عند أي تغطية من الطريق يجب أن تكون طويلة بقدر **الإمكان** ولا يجب أن تقل عن **مسافة الربط الآمن** .، وعوائق مسافة الرؤية هي المنحنيات الأفقية وأي عوائق تقع عليه من الجهة الداخلية وأي عائق يمنع امتداد النظر بالنسبة للمنحنيات **الرأسية** أو عند تقاطعات الشوارع **والشكل** (4-4) يوضح ذلك .



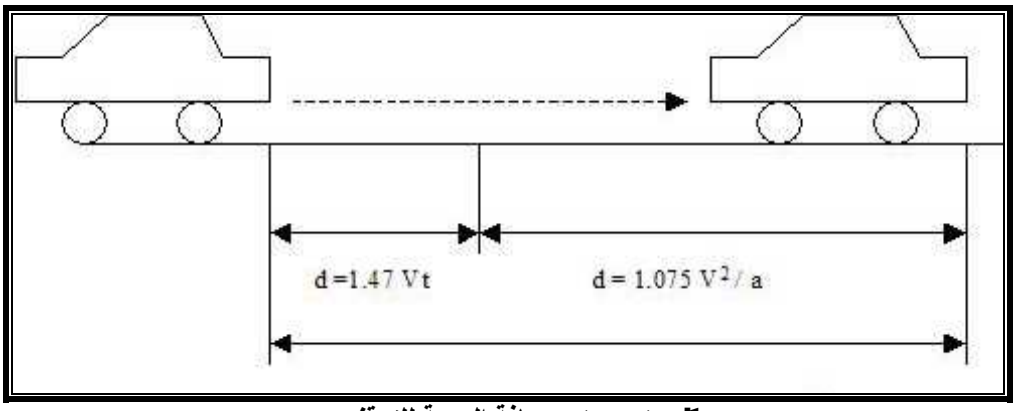
شكل (4-4): مسافة الرؤية.

1-13-4 مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance) :

وهي تمثل الحد الأدنى لمسافة الوقوف الآمن والتي تتكون من جزأين :

- المسافة التي تسيرها العربة من لحظة رؤية السائق لعائق حتى لحظة بدء عمل الفرامل ، وتسير بسرعتها في هذه المرحلة والتي تشمل زمن الارتداد العصبي للسائق وزمن تشغيل الفرامل (1.5+1) ثانية .
- مسافة الفرملة من لحظة توقيع الفرامل حتى الوقوف التام .

والشكل (4-5) يوضح ذلك .



شكل (4-5): مسافة الرؤية للتوقف.

والجدول رقم(4-6) يبين العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف.

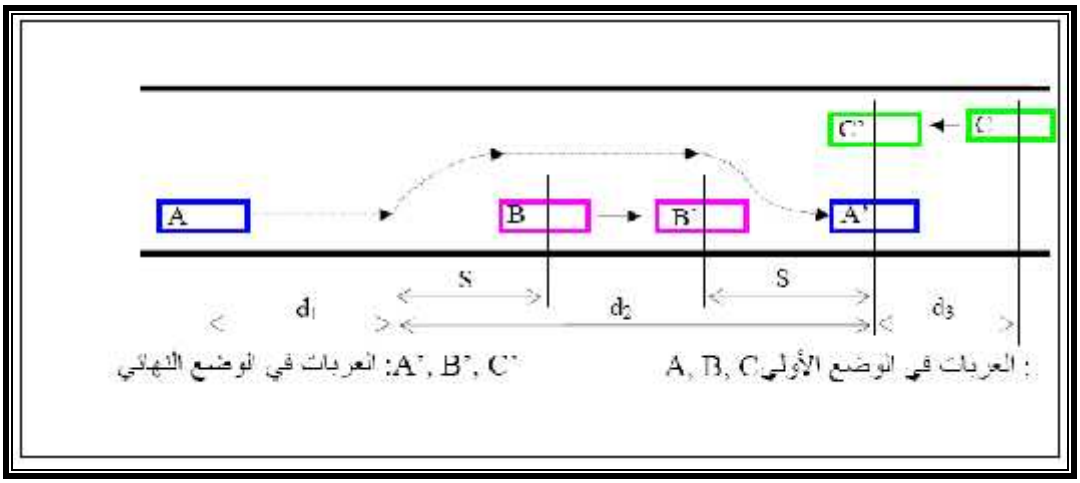
جدول رقم(4-6): العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف.

السـرعة التصـميمية (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

4-13-2 مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance):

كثيرا ما يتطلب الأمر تجاوز عربة سريعة لعربة أخرى بطيئة وهذا يتم عن طريق حارة أخرى والتي يمر عليها المرور المعاكس ، وإذا لم يتم التجاوز لمثل هذه العربات فإن سعة الطريق تقل كما أن درجة الأمان على هذه الطرق تقل أيضا ، وتقاس مسافة التجاوز على محور الطريق حيث يمكن للسائق (ارتفاع محور البصر 1.22 متر عن سطح الأرض) أن يرى أي عائق آخر على ارتفاع (1.22) .

وأقل مسافة لازمة أمام العربة لإتمام التجاوز بأمان يطلق عليها الحد الأدنى لمسافة التجاوز، كما في شكل (4-6):



شكل (4-6): مسافة الرؤية للتجاوز.

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

OSD = d1 + d2 + d……..…… (1–4)

OSD = 0.28 Vb .t + 0.28 VbT + 2S + 0.28 V.T …...……(2–4)

S = 0.7 Vb + 6…….. (3–4)

حيث :

S : أقل مسافة كافية يجب أن يحافظ عليها السائق بينه وبين السيارة التي أمامه .

d1 : المسافة التي تقطعها العربة في بداية الاستعداد للتجاوز واحتلال الحارة الأخرى .

d2 : المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتجاوزة خلال فترة التجاوز .

d3 : **المسافة المقطوعة بالعربة القادمة من الاتجاه الآخر خلال فترة التجاوز .**

Vb : سرعة السيارة المتجاوز عنها (**كم /ساعة**) .

t : **زمن رد الفعل** (عادة يفترض 2 ثانية) .

V : سرعة السيارة المتجاوزة (**كم /ساعة**) .

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

A : تسارع السيارة المتجاوزة (**كم /ساعة** . ثانية) .

OSD : مسافة الرؤية للتجاوز الآمن .

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

Vb = (V – 16)……..(4-4)

حيث V السرعة التصميمية (**كم /ساعة**).

والجدول (٤-٧) يبين العلاقة بين السرعة والتسارع الاعظمي.

جدول (4-7) : العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظمي .

التسارع الأعظمي		السرعة	
متر/ثانية.ثانية	كم/ساعة.ثانية	متر/ثانية	كم/ساعة
1.41	5.00	6.93	25
1.30	4.80	8.34	30
1.24	4.45	11.10	40
1.11	4	13.86	50
0.92	3.28	18	65
0.72	2.56	22.20	80
0.53	1.92	27.80	100

14-4 التخطيط الأفقي :

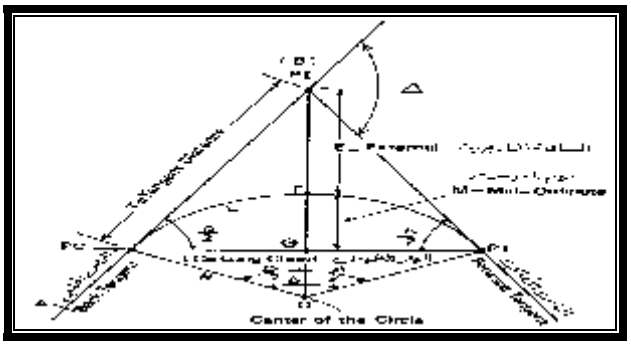
يشمل مسار الطريق في المسقط الأفقي سلسلة متتالية من الخطوط المستقيمة يطلق عليها مماسات مربوطة ببعضها بواسطة منحنيات دائرية ، وتنحصر أعمال التخطيط الأفقي في تصميم الأجزاء المستقيمة والأجزاء الدائرية المكونة للطريق ، وذلك بحساب أطوال أضلاع المسارات وتحديد زوايا انحرافها، ونقاط تقاطعها، وتصميم المنحنيات الأفقية، وتحديد أطوالها، وحساب أنصاف أقطارها وميولها .

ومن أهم العوامل التي تؤثر في التخطيط الأفقي هي السرعة التصميمية والمنحنيات الأفقية ، وللحد من أخطار القيادة وتوفير أكثر راحة للسائق يجب أن يكون التخطيط منتظما، بحيث يتجنب الانتقال المفاجئ من الأجزاء المستقيمة إلى المنحنيات الحادة أو الانتقال المفاجئ من المنحنيات المنبسطة إلى المنحنيات الحادة، وتجنب المنحنيات المعكوسة .

وهناك أنواعا متعددة من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة المتقاطعة، و من هذه الأنواع :

1-14-4 المنحنيات الأفقية الدائرية :

تعرف المنحنيات الأفقية إما بنصف قطر المنحنى، أو بدرجة المنحنى، و يجب اختيار نصف القطر بحيث يتمشى مع السرعة التصميمية للطريق و معدل ارتفاع ظهر المنحنى، والشكل (4-7) يوضح المنحنيات الأفقية الدائرية .



شكل (4-7): المنحنيات الأفقية الدائرية.

- **معادلات المنحنى الدائري البسيط:**

١- طول المماس (T):

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....} \quad (5\text{-}4)$$

٢- -المسافة الخارجية (E):

$$E = R(1-\cos\frac{\Delta}{2}) \quad \text{.....} \quad (6\text{-}4)$$

٣- سهم القوس (M):

$$M = R(\sec\frac{\Delta}{2}-1) \quad \text{.....} \quad (٧\text{-}٤)$$

٤- الوتر الطويل(c):

$$c = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \quad \text{.....} \quad (٤\text{-}٨)$$

٥- طول المنحنى (L):

$$L = \frac{® R\Delta}{180} \quad \text{.....} \quad (٩\text{-}٤)$$

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

١- قيم زوايا الانحراف الجزئية (d1,d,d٢): ويمكن إيجادها حسب العلاقة التالية:

do=1718.873 Co/R ..... (10-4)

حيث :

do: زاوية الانحراف الجزئية (بالدقائق).

Co: طول القوس الدائري الجزئي ذو العلاقة (م).

R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).

٨- أطوال الأوتار الجزئية(C_1, C, C_2):

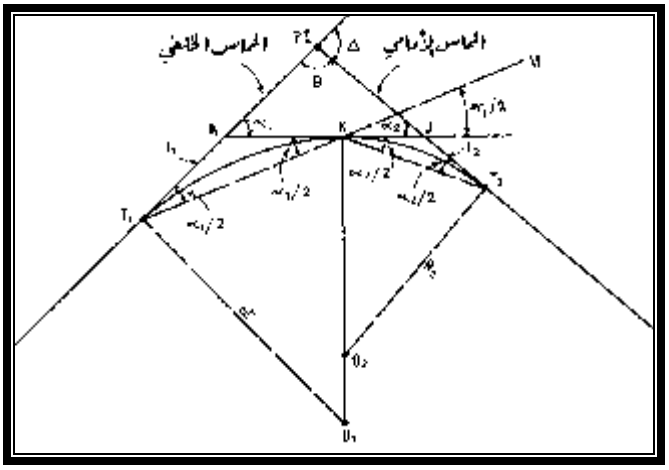
هنا نختار أقواسا جزئية على المنحنى الدائري لا تزيد أطوالها على R/20 ، وخاصة عندما يكون نصف قطر المنحنى الدائري كبيرا ، فهنا يكون الفرق بين طولي الوتر الجزئي والقوس الجزئي مهمل.

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

4-14-2 المنحنيات الدائرية المركبة :

يتألف المنحنى المركب من منحنيين أفقيين (أو أكثر) متتابعين بحيث تكون نقطة التماس الثانية للمنحنى الأول هي نفسها نقطة التماس الأولى للمنحنى الثاني . و هي تستخدم لوصل خطين مستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد شكل (4-8) و لكن ضمن الشروط التالية :

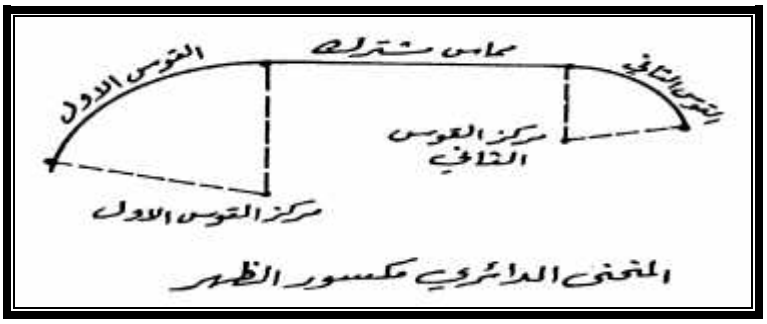
- أن تكون أنصاف الأقطار لهذه الأقواس الدائرية مختلفة .
- جميع مراكز هذه الأقواس الدائرية في جهة واحدة .
- الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها .



شكل (4-8): المنحنيات الدائرية المركبة.

4-14-3 المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر:

يطلق هذا الاسم على الجزء المكون من منحنيين دائريين مركزيهما في جهة واحدة و متصلين ببعضهما بواسطة مماس مشترك واحد و قصير يقل طوله عن 30 مترا، كما في شكل (4-9) .



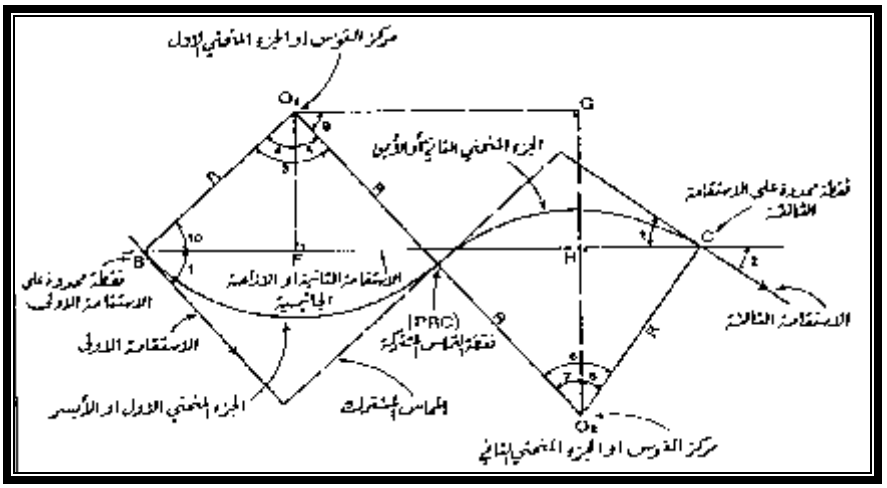
شكل (4-9): المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر.

4-14-4 المنحنيات الدائرية العكسية:

يتم وصل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد كما في شكل(4-10) وتحت الشروط التالية :

- مراكز القوس ليست في جهة واحدة .
- أنصاف أقطار هذه الأقواس قد تكون متساوية أو مختلفة .

- الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعض .

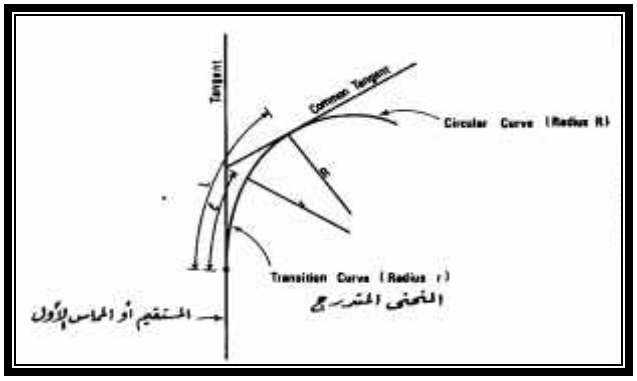


شكل (4-10): المنحنيات الدائرية العكسية.

4-14-5 المنحيات المتدرجة :

يعرف المنحنى المتدرج بأنه المنحنى الرياضي الذي يتغير فيه مقدار القطر بشكل مستمر و تدريجي على طول المنحنى و في العادة يبدأ بنصف قطر كبير مالانهاية و ينتهي بنصف قطر محدود، و من الطبيعي حسب هذا التعريف أن يكون هناك عدد كبير من المنحنيات المتدرجة المختلفة .

إن الانتقال المفاجيء من درجة انحناء مساوية للصفر حيث نصف قطر الجزء المستقيم يساوي مالانهاية إلى درجة انحناء محدودة يعرض المركبة إلى تأثير القوة الطاردة المركزية مما يسبب إزعاجا للمسافرين أو انقلاب المركبة إذا لم تؤخذ الضوابط الكافية من حيث سرعة المركبة، و ميل مقطع الطريق العرضي. من هنا يتبين لنا فائدة استخدام المنحنيات المتدرجة التي من شأنها ضمان الانتقال التدريجي عند نقاط التماس من الأجزاء المستقيمة ذات درجات الانحناء المعدومة أو أنصاف الأقطار مالانهاية إلى أجزاء منحنية بدرجات انحناء أو أنصاف أقطار محدودة ، كما في شكل (4-11) .



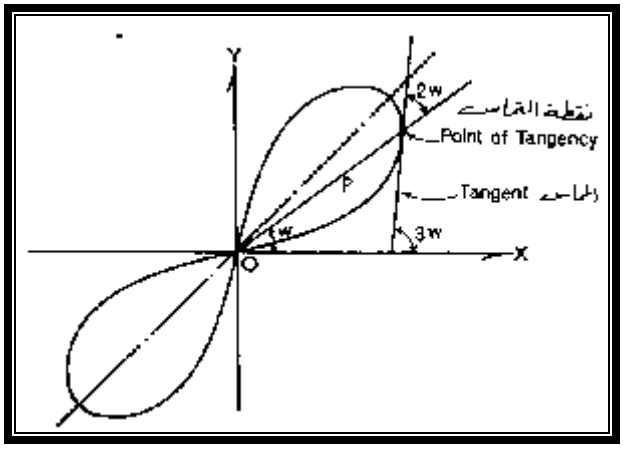
شكل (4-11): المنحيات المتدرجة.

4-14-5-1 أنواع المنحنيات المتدرجة :

- ليمنسكات برنولي أو المنحنى البيضاوي :

من صفات هذا المنحنى أنه مغلق وله محور تناظر وأن نصف قطره يبلغ قيمة عظمى عند النقطة التي يكون فيها المحور القطبي(°) مائلا بمقدار 45° فإذا ما عرف نصف القطر ومقدار الزاوية (μ) أمكن حساب جميع عناصر الليمنسكات، و عليه يفضل استعماله في الأراضي الوعرة.

و من مميزات هذا المنحنى كون الزاوية المحصورة بين المماس في أي نقطة على المنحنى و نصف القطر القطبي تساوي ضعف الزاوية القطبية (μ) ، و عليه تكون الزاوية المحصورة بين نفس المماس و محور السينات مساوية (3μ) ، كما في شكل (4-12).



شكل (4-12): المنحنى البيضاوي.

$$° ^2 = k^2 \sin 2\mu \quad \text{..... (11- 4)}$$

حيث :

μ : الزاوية القطبية المحصورة بين نصف القطر القطبي و محور السينات .

$°$: نصف القطر الشعاعي أو القطبي.

- **الكلوتوئيد** :

يستعمل بكثرة في مشاريع خطوط السكك الحديدية فهو يبدأ بنصف قطر يساوي المالانهاية و ينتهي بنصف أصغر هو في الغالب نصف قطر المنحنى الدائري المراد وصله بالمستقيم أما المعادلة الأساسية لهذا المنحنى فهي :

$$C = RL \quad \text{..... (12- 4)}$$

حيث أن :

c : ثابت معين .

R : نصف القطر.

L : طول منحنى الكلوتوئيد.

- **القطع المكافيء المكعبي أو القطع المكافيء من الدرجة الثالثة :**

يعتبر مناسبا عندما يراد وصل أجزاء مستقيمة بمنحنيات دائرية أنصاف أقطارها كبيرة نسبيا، حيث أن هذا المنحنى يغلب استعماله في مشاريع خطوط السكك الحديدية، كما في شكل (4-13)، ومعادلته هي على النحو التالي

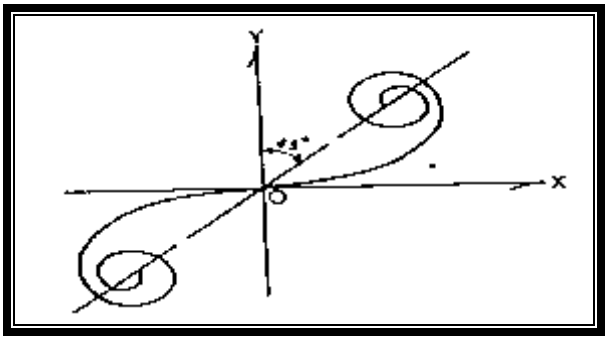
$$Y = \frac{X^3}{6RL} \quad \text{.....(13–4)}$$

حيث أن :

$X \& Y$: ترمز إلى إحداثيات نقط القطع المكافيء المكعبي .

R : مقدار نصف القطر.

L : طول المنحنى المتدرج.

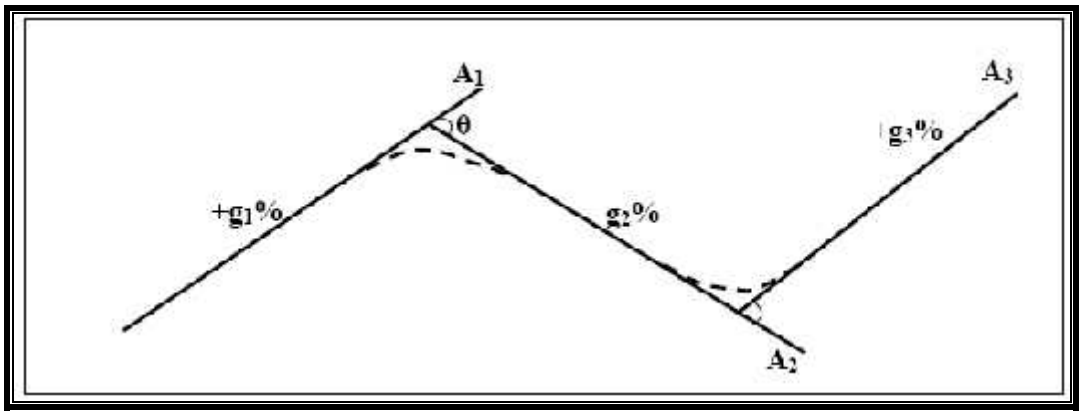


شكل (4-13): القطع المكافيء من الدرجة الثالثة.

15-4 التخطيط الرأسي :

يتكون القطاع الطولي للطريق من سلسلة من المماسات أو الخطوط المستقيمة المتتالية والمتصلة بمنحنيات رأسية على شكل القطاع المكافئ ، ويشمل التخطيط الرأسي تحديد انحدار الخطوط المستقيمة وتصميم منحنيات رأسية بينها، وتحديد أطوال هذه المنحنيات وعناصرها .

وبتحديد المحور الرأسي للطريق تتحدد مناسيب الرصف والأمور التي تتعلق بالتنفيذ كالحفر والردم وصرف الأمطار ، كما هو في شكل (4-14).

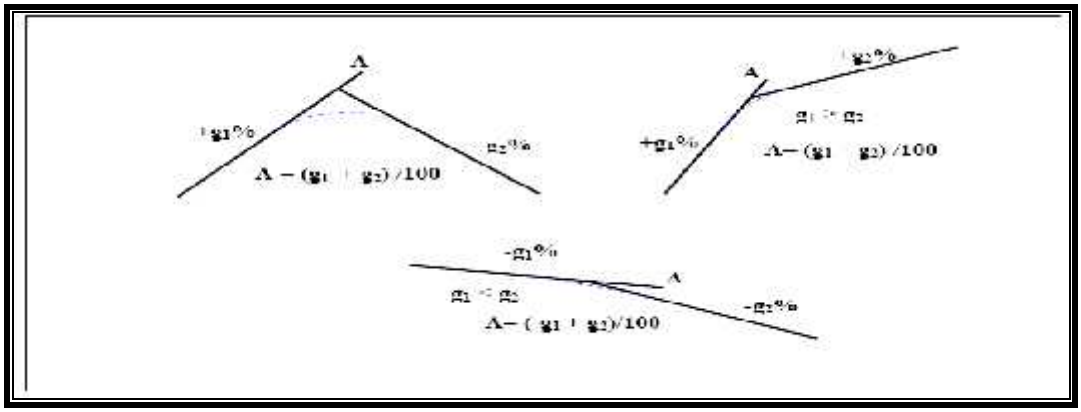


شكل (4-14): التخطيط الرأسي.

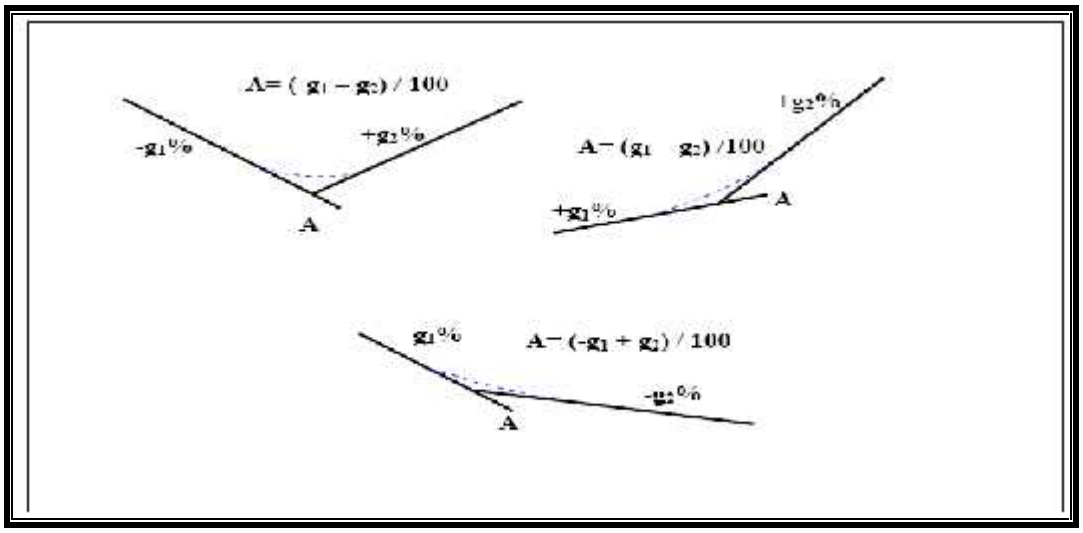
وعند تصميم خط منسوب الطريق يجب الأخذ في الاعتبار الجانب الاقتصادي بجعل عمليات الحفر والردم في حدها الأدنى ، وتحقيق متطلبات مسافة الرؤية وغيرها من متطلبات التصميم ، وفي المناطق الجبلية يجب وضع خطوط المنسوب بحيث يحقق التوازن بين أعمال الحفر والردم لتقليل تكلفة الإنشاء ، وفي المناطق المسطحة يجب أن يرتفع خط الطريق عن سطح الأرض الطبيعية بمقدار يسمح بتصريف المياه السطحية بسهولة .

4-15-1 تصميم المنحنيات الرأسية:

يحتوي خط منسوب الطريق على مجموعة خطوط مستقيمة ومتقاطعة (في المستوى الرأسي) حيث يتم ربط كل خطين متقاطعين بمنحنى رأسي مناسب ، وتكون هذه المنحنيات على شكل منحنيات استدارة علوية (منحنيات رأسية محدبة) شكل (4-15) ، أو منحنيات استدارة سفلية (منحنيات رأسية مقعرة) شكل (4-16).



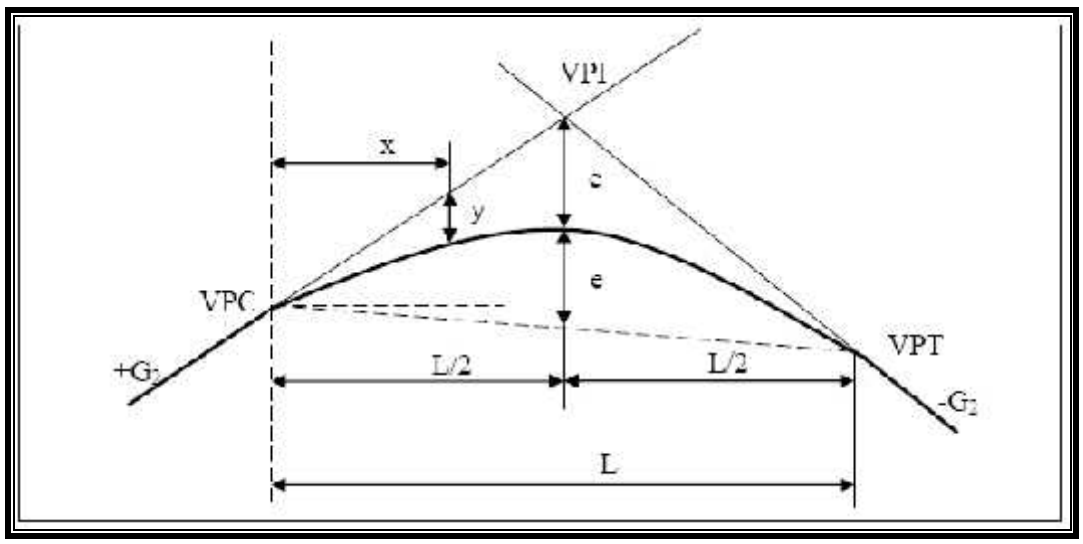
شكل (4-15): منحنيات رأسية محدبة.



شكل (4-16): منحنيات رأسية مقعرة.

ولتعيين العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية شكل (4-17) ، يجب توفير المعلومات التالية :

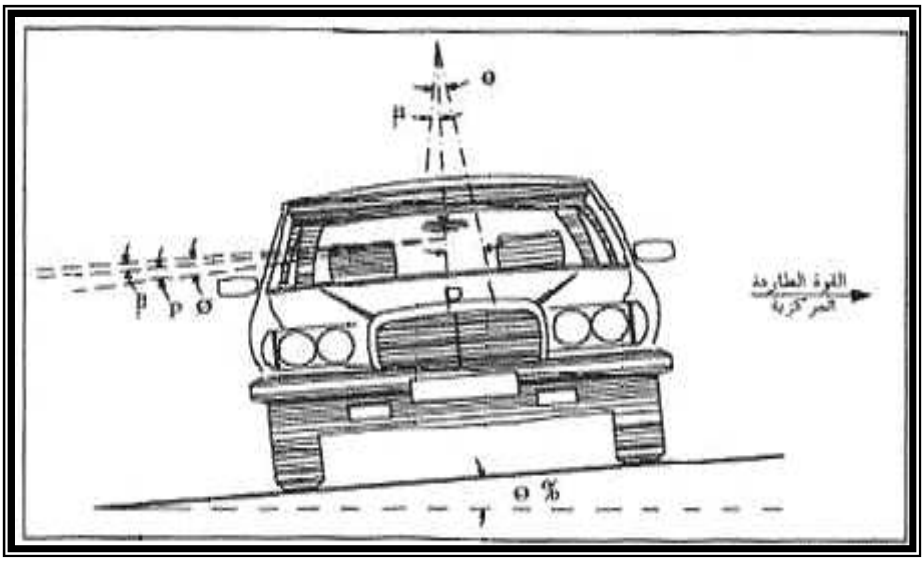
- ميول خطوط المناسيب الرأسية المتتالية .
- نقطة التقاطع لكل خطين متتاليين .
- طول المنحنى الرأسي .



الشكل (4-17): العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية.

٤-١٥-٢ الرفع الجانبي: Super Elevation:

في حالة حركة السيارة على طريق منحنى أفقياً يتم عمل رفع جانبي للطريق (Super elevation) بدرجة كافية لإيجاد مركبة قوة جانبية لتعادل مركبة القوة الطاردة المركزية الناتجة من الحركة على منحنى، والشكل(٤ -١٨) يوضح ذلك:



شكل رقم (٤-١٨): الرفع الجانبي للطريق.

حيث أن المركبة عندما تسير على المنحنى و تكون سرعتها عالية، فإنها سوف تتعرض إلى قوة طاردة مركزية تؤثر على المركبة مما تتسبب في انزلاق المركبة، وقد تؤدي إلى انقلابها.و للتقليل من هذه الأضرار على المنحنيات، يتم رفع الحافة الخارجية للطريق عن الحافة الداخلية؛ حيث تعمل على مقاومة القوة الطاردة المركزية، و التقليل من تأثيرها على المركبات أثناء السير على المنحنيات حيث أن العلاقة التالية توضح ذلك:

$$e = (V * 0.75)^2 / 127 * R \quad \text{.....(14-4)}$$

حيث أن:

R= أقل نصف قطر للمنحنى الدائري (بالمتر).

V=سرعة المركبة (كم/ساعة).

f = معامل الاحتكاك الجانبي.

e= أقصى معدل رفع جانبي (المتر/المتر).

ملاحظة: إذا كانت قيمة e أكبر من القيمة المسموح بها و هي e max والتي تساوي 9%، نقوم بإدخال قيمة الاحتكاك الجانبي، حسب المعادلة التالية:

$$f = \frac{(V * 0.75)^2}{127R} - e(\max) \quad \ldots\ldots(15-4)$$

وتتراوح قيمة معامل الإحتكاك الجانبي القصوى حسب السرعات المختلفة وذلك بناء على الجدول

جدول رقم (٤-٨): قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية.

السرعة التصميمية كم/ساعة	48	46	80	96	112	128
معامل الإحتكاك(f)	0.16	0.15	0.14	0.13	0.12	0.11

ملاحظة: أقصى قيمة يمكن قبولها لمعامل الاحتكاك هي 0.16 ، وإذا كانت قيمة f أكبر من قيمة f max، فانه يتم ثبيت قيم (e , f) عند قيمهم القصوى ، ونحسب بالاعتماد عليهما قيمة السرعة المسموح بها، وتكون ملزمة لنا على المنحنى، و نحسب السرعة حسب القانون التالي:

$$V = \sqrt{[127R(e\max + f\max)]} \quad \ldots\ldots(16-4)$$

والجدول التالي يبين الحد الأقصى لقيم الرفع الجانبي وذلك حسب درجة الطريق :

جدول رقم (٤-٩): أقصى قيمة للرفع الجانبي.

درجة الطريق	أقصى قيمة رفع جانبي للطريق مرغوبة (متر/متر)	أقصى قيمة رفع جانبي مطلقة (متر /متر)
طريق سريع	0.08	0.10
طريق شرياني	0.08	0.10
طريق تجميعي	0.08	0.12
طريق محلي	0.10	0.12

أيضا نستطيع تحديد الحد الأدنى لنصف قطر المنحنى بالاعتماد على السرعة التصميمية وقيمة الرفع الجانبي للطريق وذلك حسب الجدول التالي:

جدول رقم (٤-١٠): أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة ألتصميميه 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

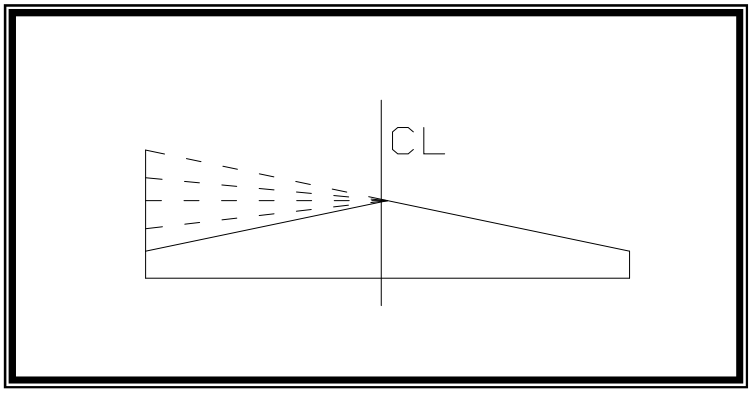
ملاحظة: من الناحية العملية يتم حساب معدل التعلية على أساس ٧٥% من السرعة التصميمية بسبب أن الطريق مختلط (تسير عليه جميع أنواع المركبات). مع إهمال الاحتكاك الجانبي على أن لا يتعدى معدل الرفع الجانبي عن ٠.٠٦٧ .

و الحد الأقصى لمعدل التعلية في حالة المرور المختلط يؤخذ عادة ١ : ١٥(٠.٠٦٧ لكل متر) كما أن الحد الأدنى يجب أن لا يقل عن الميل العرضي اللازم لصرف مياه الأمطار(٠.١١) .

٤-١٥-٣ الطرق المتبعة في الرفع الجانبي للطريق: (Super elevation Development)

يتم الرفع الجانبي للطريق لتحقيق أمان للحركة مع متطلبات راحة المستخدم للطريق وذلك باحدى الطرق التالية:

١ – إلغاء الميل العرضي المتماثل حول محور الطريق.



شكل رقم (4-19): إلغاء الميل العرضي.

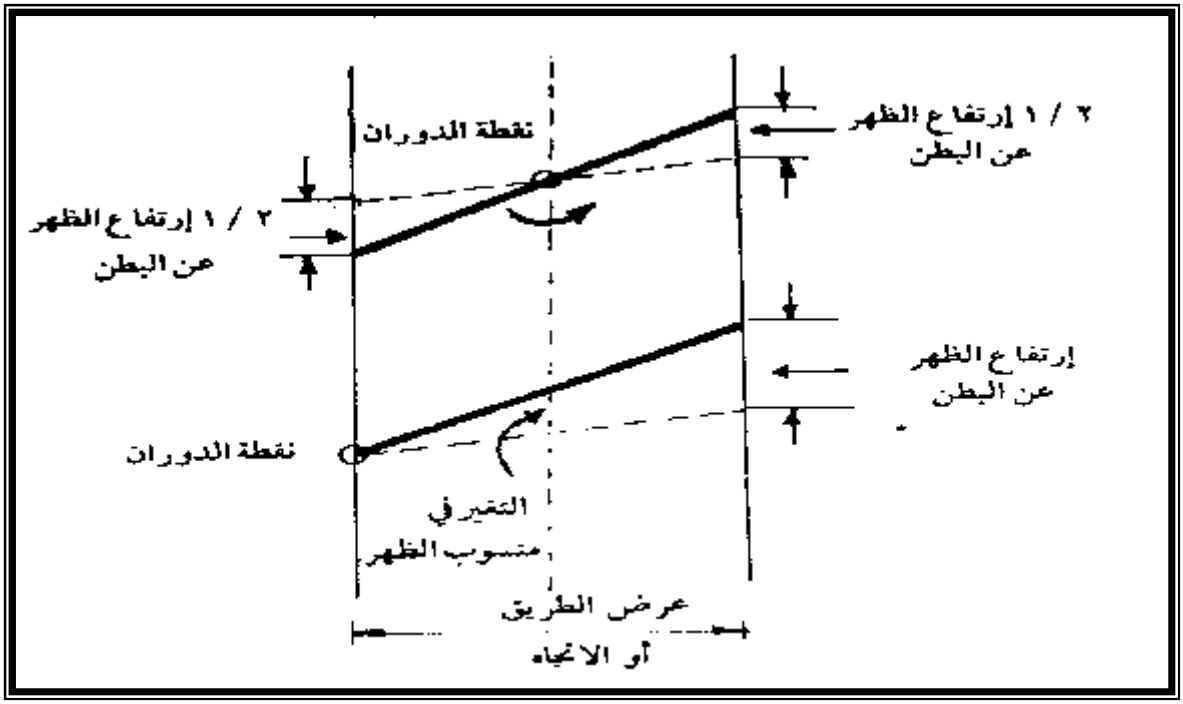
حيث يتم في هذه الطريقة البدء في رفع الحافة الخارجية للطريق و يفضل البدء فيها من بداية المنحنى المتدرج حيث يتم الرفع بشكل تدريجي حتى يصبح الميل لهذا الجزء منطبق تماما على الميل العرضي للحافة الداخلية من الطريق و من عيوب هذه الطريقة انه لا يوجد ميول عرضية للجزء الخارجي للطريق لتصريف مياه الأمطار و لكن هذا الجزء من الطريق قصير و لذلك ليس له تأثير كبير.

٢ – دوران قطاع الطريق: هنالك طريقتان للوصول إلى الرفع الكلي لظهر المنحنى و هي:

أ – دوران قطاع الطريق حول المحور ليرتفع بمقدار نصف قيمة الرفع الكلي لظهر المنحنى حيث يبقى محور الطريق ثابت.

ب – دوران قطاع الطريق حول الحافة الداخلية للطريق ليرتفع بكامل قيمة الرفع لظهر المنحنى حيث أن هذه الطريقة مفضلة و لكن مما يعيب هذه الطريقة متطلبات الردم لكامل قطاع الرصف بالإضافة إلى الكتف الخارجي للطريق. كما أن منسوب محور الطريق سيرتفع مما يتسبب في تغير الميول الطولية.

أما في حالة وجود جزيرة في الوسط فانه يفضل دوران الرصف لكل اتجاه على حده. و الشكل رقم (4-20) يوضح دوران قطاع الطريق حول محور الطريق و دوران القطاع حول الحافة الداخلية.



الشكل رقم (4-20): دوران قطاع الطريق حول محور الطريق و دوران القطاع حول الحافة الداخلية.

٤-١٦ التوسعة على المنحنيات Curve Widening:

عند مرور العربة على المنحنى فان العجل الخلفي يعبر النحنى على نصف قطر اقل من ذلك للعجل، وبالتالي يتم زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات لجعل ظروف تشغيل العربات على المنحنى مشابهة لذلك على الطريق المستقيم، ويوضح جدول رقم (٤-١١) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر:

جدول رقم (٤-١١): إتساع الرصف عند المنحنيات حسب نصف القطر.

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

والتوسيع يتم وضعه من بداية المنحدر ثم بالطول الداخلي الكامل للمنحنى انظر شكل رقم

ويكون مقدار التوسيع حسب المعادلة التالية:

$$W_e = \frac{nI^2}{2R} + \frac{V}{9.5\sqrt{R}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (17-4)$$

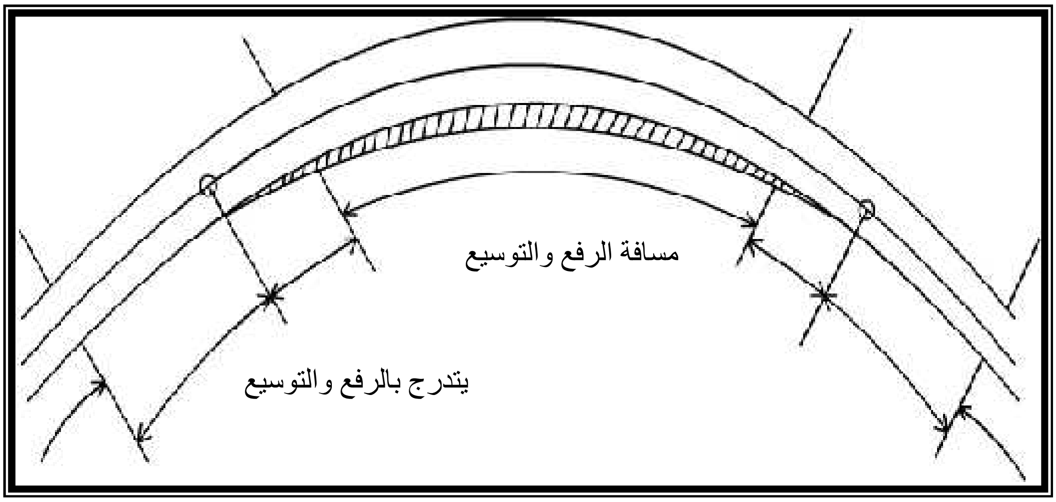
حيث أن:

We: مقدار التوسيع الكلي على المنحنى (م).

n : عدد الحارات.

I: اتساع قاعدة العجل لأطول مركبة وتساوي ٦.١ .

R: نصف قطر المنحنى (م).



الشكل(4-21): طريقة توقيع التوسعة للمنحنى.

وفيما يلي مثال مبين فيه كيفية حساب جميع عناصر المنحنى الأفقي:

المنحنى التاسع :

المعطيات:

نصف قطر المنحنى	R = 130 m
زاوية الانحراف	Δ = 40 06 34
محطة نقطة التقاطع	Ch of PI =0+660.83 km + m
منسوب PI	RL of. PI=884.75 m

حساب عناصر المماس :

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

$$T = 130 * \tan\frac{40\ 06\ 34}{2} = 47.4567\ m$$

$$PC = PI - T$$

$$PC = 884.75 - 47.4567 = 837.2933\ m$$

$$L = \frac{® R\Delta}{180}$$

$$L = \frac{® *130*(40\ 06\ 34)}{180} = 91.0054\ m,$$

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

$$E = 130\ (Sec\frac{40\ 06\ 34}{2} - 1\ ) = 8.39\ m$$

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

$$M = 130\ (1 - \cos\frac{40\ 06\ 34}{2}) = 7.8824\ m$$

$$PT = PC + L.$$

$$PT = 837.2933 + 91.0054 = 928.2987\ m$$

اطوال الاقواس او الاوتار الجزئية :

نختار اطوالا للقوس الجزئي والاقواس الجزئية الوسطى والقوس الاخير بحيث لا تتعدى المقدار :

$$\frac{R}{20} = \frac{130}{20} = 6.5$$

`

نختار C = 5 .

طول القوس او الوتر الجزئي الاول (C1):

$$C1 = 840 - 837.2933 = 2.7067\ m$$

اما الاقواس الجزئية المتوسطة (C) فيساوي كل منها: 5m وعددها

$$\frac{91.0054 - 2.7067}{5} = 17.659$$

NO. Of C = 17

طول القوس الجزئي الاخير :

$$C2 = 91.0054 - (17 * 5) - 2.7067 = 3.2987\ m$$

زوايا الانحراف الجزئية :

زاوية الانحراف للنقطة الاولى (d1):

$$d1 = \frac{90 * C1}{® \ R}$$

$$d1 = \frac{90 * 2.7067}{® \ 130} = 00\ 35\ 47.3$$

زوايا الانحراف الجزئية لكل من النقاط المتوسطة (d)

$$d1 = \frac{90 * C}{® \ R}$$

$$d1 = \frac{90 * 5}{® \ 130} = 01\ \ 06\ \ 6.63$$

زاوية الانحراف الجزئية للنقطة الاخيرة (d2):

$$d1 = \frac{90 * C2}{® \ R}$$

$$d1 = \frac{90 * 3.2987}{® \ 130} = 00\ \ 43\ \ 36.95$$

check

$$d1+17d+d2 \overset{????}{=} \frac{\Delta}{2}$$

$$00\ 35\ 47.3+17(01\ 06\ 6.63)+00\ 43\ 36.95=20\ 03\ 17$$

$$\frac{\Delta}{2}=\frac{40\ 06\ 34}{2}=20\ 03\ 17$$

Check is OK

الجدول رقم (٤-١٢): أطوال الأقواس والأوتار الجزئية ومقادير زوايا الانحراف.

رقم القطة	طول الوتر (m)	طول القوس (m)	المحطة او التدريج(m)	زاوية الانحراف الجزئية ° ' "	زاوية الانحراف الكلية ° ' "	زاوية الانحراف الكلية الى اقرب ٢٠"
PC	-	-	٨٣٧.٢٩٣٣	0 0 0	0 0 0	0 0 0
	2.7067	2.7067	-	-	-	-
١	-	-	٨٤٠	0 35 47.3	0 35 47.3	0 35 40
	٥	٥	-	-	-	-
٢	-	-	٨٤٥	1 06 6.63	1 41 53.93	1 42 00
	٥	٥	-	-	-	-
٣	-	-	٨٥٠	1 06 6.63	2 48 0.56	2 48 00
	٥	٥	-	-	-	-
٤	-	-	٨٥٥	1 06 6.63	3 54 7.19	3 54 00
	٥	٥	-	-	-	-
٥	-	-	٨٦٠	1 06 6.63	5 00 13.82	5 00 20
	٥	٥	-	-	-	-
٦	-	-	٨٦٥	1 06 6.63	6 06 20.45	6 06 20
	٥	٥	-	-	-	-
٧	-	-	٨٧٠	1 06 6.63	7 12 27.08	7 12 20
	٥	٥	-	-	-	-
٨	-	-	٨٧٥	1 06 6.63	8 18 33.71	8 18 40
	٥	٥	-	-	-	-

٩	-	-	٨٨٠	1 06 6.63	9 24 40.34	9 24 40
	٥	٥	-	-	-	-
١٠	-	-	٨٨٥	1 06 6.63	10 30 46.97	10 30 40
	٥	٥	-	-	-	-
١١	-	-	٨٩٠	1 06 6.63	11 36 53.6	11 37 00
	٥	٥	-	-	-	-
١٢	-	-	٨٩٥	1 06 6.63	12 43 0.23	12 43 00
	٥	٥	-	-	-	-
١٣	-	-	٩٠٠	1 06 6.63	13 49 6.86	13 49 00
	٥	٥	-	-	-	-
١٤	-	-	٩٠٥	1 06 6.63	14 55 13.49	14 55 20
	٥	٥	-	-	-	-
١٥	-	-	٩١٠	1 06 6.63	16 01 20.12	16 01 20
	٥	٥	-	-	-	-
١٦	-	-	٩١٥	1 06 6.63	17 07 26.75	17 07 20
	٥	٥	-	-	-	-
١٧	-	-	٩٢٠	1 06 6.63	18 13 33.38	18 13 40
	٥	٥	-	-	-	-
١٨	-	-	٩٢٥	1 06 6.63	19 19 40.01	19 19 40
	3.2978	3.2978	-	-	-	-
PT	-	-	٩٢٨.٢٩٨٧	0 43 36.95	20 03 16.96	20 03 20

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

Horizontal Alignment

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
PI	0+000		105942.7036	158165.3720
		Length: 138.14 Course: S 73-26-43 W		
PI	0+138.14		105903.3424	158032.9558
		Length: 139.66 Course: S 30-28-41 W		
		Delta: 42-58-02		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Tangent Data		
	٠+٠٠		١٥٨١٦٥.٣٧٢٠	١٠٥٩٤٢.٧٠٣٦
	٠+٧٩.١٦		١٥٨٠٨٩.٤٩٠٤	١٠٥٩٢٠.١٤٧٥
		Length: 79.16 Course: S 73-26-43 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Spiral Curve Data: CLOTHOID		
TS	0+079.16		105920.1475	158089.4904
SPI			105909.8281	158054.7745
SC	0+133.16		105899.1596	158040.0323
		Length: 54.00 L Tan: 36.22		
		Radius: 80.00 S Tan: 18.20		
		Theta: 19-20-14 P: 1.51		
		X: 53.39		
		Y: 6.03 A: 65.73		
		Chord: 53.73 Course: S 67-00-20 W		

		Ts: 58.98		
Desc.	**Station(m)**	**Spiral/Curve Data**	**Northing(m)**	**Easting(m)**
		Circular Curve Data		
SC	0+133.16		105899.1596	158040.0323
CC			105834.3498	158086.9331
SC	0+139.16		105895.4674	158035.3130
		Delta: 04-17-33	Type: LEFT	
		Radius: 80.00	DOC: 71-37-11	
		Length: 5.99	Tangent: 3.00	
		Mid-Ord: 0.06	External: 0.06	
		Chord: 5.99	Course: S 51-57-42 W	
		Es: 7.60		

Desc.	**Station(m)**	**Spiral/Curve Data**	**Northing(m)**	**Easting(m)**
		Spiral Curve Data: CLOTHOID		
SC	0+139.16		105895.4674	158035.3130
SPI			105883.7254	158021.4106
PC	0+193.16		105852.5126	158003.0409
		Length: 54.00	L Tan: 36.22	
		Radius: 80.00	S Tan: 18.20	
		Theta: 19-20-14	P: 1.51	
		X: 53.39		
		Y: 6.03	A: 65.73	
		Chord: 53.73	Course: S 36-55-04 W	
		Ts: 58.98		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
PI	0+273.84		105782.9815	157962.1196
		Length: 242.86 Course: S 72-27-58 W		
		Delta: 41-59-17		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Tangent Data		
			١٥٨٠٠٣.٠٤٠٩	١٠٥٨٥٢.٥١٢٦
		0+193.16		
	٠+٢١٥.٦٦		١٥٧٩٩١.٦٢٨٠	١٠٥٨٣٣.١٢٠٥
		Length: 22.50 Course: S 30-28-41 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Spiral Curve Data: CLOTHOID		
TS	0+215.66		105833.1205	157991.6280
SPI			105801.9077	157973.2583
SC	0+269.66		105790.1657	157959.3559
		Length: 54.00 L Tan: 36.22		
		Radius: 80.00 S Tan: 18.20		
		Theta: 19-20-14 P: 1.51		
		X: 53.39		
		Y: 6.03 A: 65.73		
		Chord: 53.73 Course: S 36-55-04 W		

Ts: 58.18

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Circular Curve Data				
SC	0+269.66		105790.1657	157959.3559
CC			105851.2833	157907.7358
SC	0+274.28		105787.2843	157955.7371
		Delta: 03-18-48 Type: RIGHT		
		Radius: 80.00 DOC: 71-37-11		
		Length: 4.63 Tangent: 2.31		
		Mid-Ord: 0.03 External: 0.03		
		Chord: 4.63 Course: S 51-28-20 W		
		Es: 7.31		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Spiral Curve Data: CLOTHOID				
SC	0+274.28		105787.2843	157955.7371
SPI			105776.3654	157941.1792
PC	0+328.28		105765.4544	157906.6447
		Length: 54.00 L Tan: 36.22		
		Radius: 80.00 S Tan: 18.20		
		Theta: 19-20-14 P: 1.51		
		X: 53.39		
		Y: 6.03 A: 65.73		
		Chord: 53.73 Course: S 66-01-36 W		

Ts: 58.18

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
PI	0+512.97		105709.8147	157730.5402
		Length: 149.06 Course: N 83-03-15 W		
		Delta: 24-28-47		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Tangent Data		
	٠+٣٢٨.٢٨		١٥٧٩٠٦.٦٤٤٧	١٠٥٧٦٥.٤٥٤٤
	0+456.82		١٥٧٧٨٤.٠٧٦٥	١٠٥٧٢٦.٧٢٩٣
		Length: 128.54 Course: S 72-27-58 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
		Spiral Curve Data: CLOTHOID		
TS	0+456.82		105726.7293	157784.0765
SPI			105715.5471	157748.6837
SC	0+512.37		105713.8314	157730.1680
		Length: 55.54 L Tan: 37.12		
		Radius: 130.00 S Tan: 18.60		
		Theta: 12-14-23 P: 0.99		
		X: 55.29		

	Y: 3.94 A: 84.97		
	Chord: 55.43 Course: S 76-32-41 W		
	Ts: 56.14		
Desc.	**Station(m)**	**Spiral/Curve Data**	**Northing(m)**	**Easting(m)**
	Spiral Curve Data: CLOTHOID		
SC	0+512.37		105713.8314	157730.1680
SPI			105712.1157	157711.6523
PC	0+567.91		105716.6044	157674.8075
	Length: 55.54 L Tan: 37.1		
	Radius: 130.00 S Tan: 18.60		
	Theta: 12-14-23 P: 0.99		
	X: 55.29		
	Y: 3.94 A: 84.97		
	Chord: 55.43 Course: N 87-07-57 W		
	Ts: 56.14		

Desc.	**Station(m)**	**Spiral/Curve Data**	**Northing(m)**	**Easting(m)**
PI	0+660.83		105727.8409	157582.5731
	Length: 227.83 Course: S 56-50-11 W		
	Delta: 40-06-34		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Tangent Data				
	0+567.91		١٥٧٦٧٤.٨٠٧٥	١٠٥٧١٦.٦٠٤٤
	0+613.37		١٥٧٦٢٩.٦٨١٧	١٠٥٧٢٢.١٠١٩
		Length: 45.46 Course: N 83-03-15 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Circular Curve Data				
PC	0+613.37		105722.1019	157629.6817
CC			105593.0559	157613.9606
PT	0+704.37		105701.8804	157542.8464
		Delta: 40-06-34 Type: LEFT		
		Radius: 130.00 DOC: 44-04-25		
		Length: 91.01 Tangent: 47.46		
		Mid-Ord: 7.88 External: 8.39		
		Chord: 89.16 Course: S 76-53-28 W		
		Es: 8.39		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)

PI	0+884.75	105603.2088	157391.8516
Length: 76.68	Course: S 17-02-27 W		
Delta: 39-47-44			

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Tangent Data				
	٠ + ٧٠٤.٣٧		١٥٧٥٤٢.٨٤٦٤	١٠٥٧٠١.٨٨٠٤
	٠ + ٨٦٣.٠٣		١٥٧٤١٠.٠٣١٢	١٠٥٦١٥.٠٨٨٨
Length: 158.66		Course: S 56-50-11 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Circular Curve Data				
PC	0+863.03		105615.0888	157410.0312
CC			105564.8621	157442.8532
PT	0+904.71		105582.4452	157385.4874
Delta: 39-47-44		Type: LEFT		
Radius: 60.00		DOC: 95-29-35		
Length: 41.67		Tangent: 21.72		
Mid-Ord: 3.58		External: 3.81		
Chord: 40.84		Course: S 36-56-19 W		
Es: 3.81				

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)

PI	0+959.67	105529.8916	157369.3792
Length: 37.79		Course: S 63-52-40 W	
Delta: 46-50-14			

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Tangent Data				
	0+904.71		١٥٧٣٨٥.٤٨٧٤	١٠٥٥٨٢.٤٤٥٢
	٠+٩٣٣.٦٩		١٥٧٣٧٦.٩٩٤٩	١٠٥٥٥٤.٧٣٨٠
Length: 28.98		Course: S 17-02-27 W		

Desc.	Station(m)	Spiral/Curve Data	Northing(m)	Easting(m)
Circular Curve Data				
PC	0+933.69		105554.7380	157376.9949
CC			105572.3211	157319.6291
PT	0+982.73		105518.4497	157346.0462
Delta: 46-50-14		Type: RIGHT		
Radius: 60.00		DOC: 95-29-35		
Length: 49.05		Tangent: 25.99		
Mid-Ord: 4.94		External: 5.39		
Chord: 47.69		Course S 40-27-34 W		
Es: 5.39				

وفيما يلي مثال مبين فيه كيفية حساب جميع عناصر المنحنى الرأسي:

المنحنى السابع :

المنحنى عبارة عن منحنى قمة وسيتم إيجاد طول المنحنى حسب أقل مسافة للرؤية

- إيجاد أقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية :

$$S.D = \frac{0.28 * V * T + V^2}{254 * (F + N)} \text{.....()}$$

V=50 km/h

P = 1.53 %

q = -7.57 %

T = 3 sec

F = 0.37

$N = p - q$

$N = 0.0153 - (-0.0757) = 0.091$

$$S.D = \frac{0.28 * 50 * 3 + (50)^2}{254 * (0.37 + 0.091)} = 63.35\ m$$

إيجاد طول المنحنى حسب أقل مسافة للتوقف :

Let L > S.D

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

$$L = \frac{0.091 * (63.35)^2}{\left[(2 * 1.2)^{0.5} + (2 * 0.1)^{0.5}\right]^2} = 91.6297\ m$$

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

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

Check :

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

$$R = \frac{91.6297}{0.091} = 1006.91978 \ \ m.$$

الجدول رقم (٤-١٣) : العلاقة بين السرعة والحد الادنى لنصف القطر.

Speed (Km/hr)	٢٠	٣٢	٤٠	٤٨	٦٤	٨٠	٩٦
R min (m)	٦٠	١٣٧	١٦٥	٢٣٨	٤٢١	٦٥٨	٩١٨

وحسب السرعة التصميمية الموجودة لدينا (٥٠) كم/ساعة فان R min =238 m لذلك R > R min
اذن لاداعي لوضع قيود لتخفيف السرعة .

حساب عناصر المنحنى :

L = 91.6297 m

l = 45.815 m

RL of A = 867.62 m

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

$$RL\ of\ \ P = 867.62\ \ +\ \ (\frac{45.815\ \ *\ \ 1.53}{100}) = 868.32\ m$$

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

$$RL\ of\ \ B = 868.32\ \ -\ \ (\frac{45.815\ \ *\ \ 7.57}{100}) = 864.85\ m$$

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

$$RL\ \ of\ \ C = \frac{867.62 + 864.85}{2} = 866.235\ m$$

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

$$CP = 868.32 - 866.235 = 2.085\ m$$

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

$$e = \frac{2.085}{2} = 1.0425\ m$$

Or

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

$$e = \frac{1.53 + 7.57}{400} * 45.815 = 1.0429\ m$$

x=9.163m لفرض أن طول الوتر الجزئي

X=9.163, 18.326, 27.489, 36.652, 45.815

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

$$y = 1.0425\left(\frac{9.163}{45.815}\right)^2 = 0.0004967\ x^2$$

1. At Ch. Of A = 0+783.61

x unit =0

y unit = 0.

RL on Tangent = 867.62m

RL on curve =867.62m

2. At Ch = (0+783.61 + 9.163) = 0+792.773m

x unit = 1

$$y\ \ offset = 0.000497 * (9.163)^2$$

Y offset =0.041728m

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

= 867.62 + 0.0153*9.163 =867.76019m

RL on curve = RL on Tangent – y

= 867.76019 – 0.0417 = 867.71849m

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

والآن نوضح بعض الحسابات على (Tangent q)

At Ch = 0+ 898.61 m

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 864.15m

RL on curve = 864.15m

At Ch. (0+898.61-9.163) = 0+889.447m

x unit = 1

y offset = $0.000497* x^2$

= $0.000497*(9.163)^2 = 0.041728$m

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

= 864.15 + (0.0757 * 9.163) = 864.8436m

RL on curve = RL on Tangent – y

= 864.8436- 0.041728 = 864.80187m

ونعمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا المماس.

إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى

$$x = \left(\frac{p * L}{p+q}\right)^2 = \left(\frac{1.53 * 91.63}{1.53 + 7.57}\right) = 15.4059\ m.$$

إذن موقع أعلى نقطة من المنحنى الرأسي يبعد 15.4059 m عن نقطة التماس الأولى A وتبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار :

x= 91.63 – 15.4059 = 76.2241m

منسوب أعلى نقطة على المماس: Reduce Level of High point on the Tangent

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

= 867.62 + (0.0153* 76.2241)= 868.786 m

لحساب منسوب أعلى نقطة على المنحنى يجب أن نجد في البداية قيمة y offset :

$$y = e\left(\frac{x}{l}\right)^2 = 1.0425\left(\frac{76.2241}{45.815}\right)^2 = 2.88566m$$

Reduce Level of High point on the curve = RL on Tangent – y

= 868.786 – 2.88566 = 865.9003m

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

Vertical Alignment

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
1	0+000	932.28	-8.00	
2	0+072.24	926.50	-14.39	90.00

Vertical Curve Information: (crest curve)

PVC Station:	0+027.24	Elevation:	930.10
PVI Station:	0+072.24	Elevation:	926.50
PVT Station:	0+117.24	Elevation:	920.02
Grade in (%):	-8.00	Grade out (%):	-14.39
Change (%):	6.39		
Curve Length:	90.00		
Passing Distance:	286.88	Stopping Distance:	148.95

3	0+168.84	912.60	-8.18	70.00

Vertical Curve Information: (sag curve)

PVC Station:	0+133.84	Elevation:	917.64
PVI Station:	0+168.84	Elevation:	912.60
PVT Station:	0+203.84	Elevation:	909.74
Grade in (%):	-14.39	Grade out (%):	-8.18
Change (%):	6.21		
Curve Length:	70.00		
Headlight Distance:	61.42		

4	0+349.09	897.85	-4.44	45.00

<table>
<tr><th>PVI</th><th>Station</th><th>Elevation</th><th>Grade Out (%)</th><th>Curve Length</th></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Vertical Curve Information: (sag curve)
<table>
<tr><td>PVC Station:</td><td>0+326.59</td><td>Elevation:</td><td>899.69</td></tr>
<tr><td>PVI Station:</td><td>0+349.09</td><td>Elevation:</td><td>897.85</td></tr>
<tr><td>PVT Station:</td><td>0+371.59</td><td>Elevation:</td><td>896.85</td></tr>
<tr><td>Grade in (%):</td><td>-8.18</td><td>Grade out (%):</td><td>-4.44</td></tr>
<tr><td>Change (%):</td><td>3.75</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Curve Length:</td><td>45.00</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Headlight Distance:</td><td>72.06</td><td colspan="2"></td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>5</td><td>0+480.89</td><td>892.00</td><td>-13.18</td><td>125.00</td></tr>
<tr><td></td><td colspan="4">Vertical Curve Information: (crest curve)
<table>
<tr><td>PVC Station:</td><td>0+418.39</td><td>Elevation:</td><td>894.77</td></tr>
<tr><td>PVI Station:</td><td>0+480.89</td><td>Elevation:</td><td>892.00</td></tr>
<tr><td>PVT Station:</td><td>0+543.39</td><td>Elevation:</td><td>883.77</td></tr>
<tr><td>Grade in (%):</td><td>-4.44</td><td>Grade out (%):</td><td>-13.18</td></tr>
<tr><td>Change (%):</td><td>8.74</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Curve Length:</td><td>125.00</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>Passing Distance:</td><td>239.43</td><td>Stopping Distance:</td><td>138.54</td></tr>
</table></td></tr>
<tr><td>6</td><td>0+678.22</td><td>866.00</td><td>1.53</td><td>145.00</td></tr>
</table>

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length

Vertical Curve Information: (sag curve)

PVC Station:	0+605.72	Elevation:	875.55
PVI Station:	0+678.22	Elevation:	866.00
PVT Station:	0+750.72	Elevation:	867.11
Grade in (%):	-13.18	Grade out (%):	1.53
Change (%):	14.71		
Curve Length:	145.00		
Low Point:	0+735.59	Elevation:	867.00
Headlight Distance:	55.66		

7	0+841.11	868.50	-7.57	115.00

Vertical Curve Information: (crest curve)

PVC Station:	0+783.61	Elevation:	867.62
PVI Station:	0+841.11	Elevation:	868.50
PVT Station:	0+898.61	Elevation:	864.15
Grade in (%):	1.53	Grade out (%):	-7.57
Change (%):	9.10		
Curve Length:	115.00		
High Point:	0+803	Elevation:	865.81
Passing Distance:	227.41	Stopping Distance:	130.52

والتصميم الرأسي والأفقي للطريق موضح باللوحات المرفقة في نهاية المشروع.

□٥□

الفصل الخامس

تصريف مياه الأمطار

الفصل الخامس

تصريف مياه الأمطار

1-5 المناخ (Climate):

مدينة الخليل تتبع إلى مناخ حوض البحر الأبيض المتوسط، وتكون فترة هطول الأمطار فيها من شهر تشرين ثاني إلى شهر نيسان، ويكون الطقس في الفترة ما بين شهر أيار إلى شهر تشرين أول يكون المناخ مشمس ولا تتساقط فيه الأمطار.

2-5 جغرافية المنطقة (Geography) :

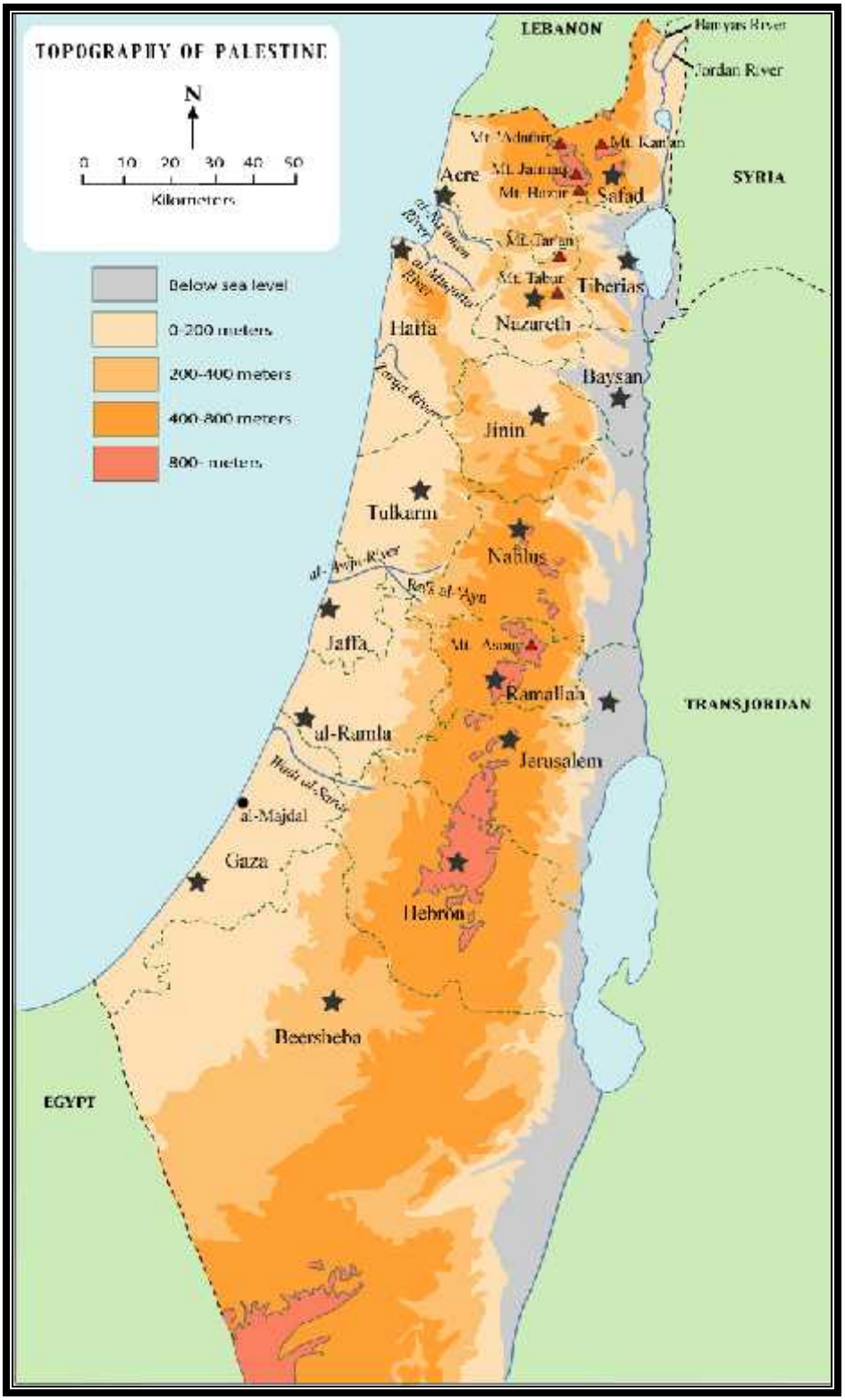
تقع مدينة الخليل على بعد 35km جنوب مدينة القدس، ويتراوح عدد السكان داخل حدود البلدية عام1997 عن طريق مكتب الإحصاء الفلسطيني (119320)شخص، وتقع منطقة المشروع المراد عمل نظام تصريف مياه الأمطار(Drainage storm water) ما بين (800m-1000)فوق سطح البحر .والشكل (٥-١) يبين الخارطة الطبوغرافية لفلسطين وتظهر بها طبوغرافية الخليل.

3-5 المطر (Rainfall):

إن المطر السنوي المتوسط في مدينة الخليل لخمس سنوات تقريبا 571.1mm وكان:

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

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



الشكل رقم (5-1): خارطة فلسطين الطبوغرافية.

Table(5-1): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2000-2001)

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

Table(5-2): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2001-2002)

MONTH												
DAY	Sep	Oct	Nov	Dec	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug
1				٧								
٢												
٣					٢٥.٤			٩.٤				
٤				٠.٢	٢.٨			٨				
٥				٦٢								
٦				١٦.٥								
٧			٥									
٨			٠.٦		٥٤.٣							
٩					٦١							
١٠					٤٢.٦	١٢						
١١					٤.٣	٣.٥						
١٢					٢.٧	٢٤.٧						
١٣						٢٠.٣						
١٤												
١٥				٣.٦					٨.٤			
١٦					٠.٧							
١٧			٦.٢				٠.٨		٣.٥			
١٨			١٨.٥									
١٩												
٢٠				٣٧.٦	٢٦							
٢١				٩.٦	٢١			٢.١				
٢٢			١٢.٦		٣٥.٦		١.٢	٠.٨				
٢٣			٥.٢									
٢٤						٠.٦						
٢٥												
٢٦			٤			٠.٢						
٢٧		٠.١	١.٢		١							
٢٨		٢			٤٢.٢		١٣.٦					
٢٩		٦.٤	٠.٣		١٠							
٣٠							٣١					
٣١												
Total:	٠.٠	٨.٥	٥٣.٦	١٣٦.٥	٣٣٩.٥	٦١.٣	٤٧.٤	٢٠.٣	١١.٩	٠.٠	٠.٠	٠.٠
Yearly Total:					669.0							

Table(5-3): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2002-2003)

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

Table(5-4): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2003-2004)

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

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

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

Table(5-6): Total Monthly Rainfall for Hebron Station (mm)
Season (2005-2006)

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

5- 4 الرياح (Winds):

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

5-5 الرطوبة النسبية (Relative Humidity):

الرطوبة النسبية في منطقة الخليل أقل من تلك المناطق التي توجد في السهل مثل السهل الساحلي الفلسطيني، وتتراوح الرطوبة النسبية في منطقة الخليل ما بين 30%-80%.

5-6 اختيار أنواع شبكات الصرف:

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

7-5 المعايير التصميمية لشبكات تصريف مياه الأمطار:

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

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

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

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

8-5 المسح المائي:

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

1. تحديد مساحة الأراضي التي تزود العبارة أو الطريق بالمياه، وهي المساحة التي تتساقط عليها الأمطار وتتجمع لتصب في العبارة أو الطريق.
2. تقدير كمية الأمطار التي تهطل على تلك المساحة ومدة هطولها وكيفية توزيعها على مدار السنة وتكرارها في السنوات السابقة بحيث يتم تحديد الدورات وطول الدورة وتكرارها .
3. معامل الانسياب السطحي، وهو نسبة المياه التي ينساب على سطح الأرض من مجموع المياه التي تهطل على تلك الأرض ، أي نسبة ما يصل إلى العبارة او الطريق من مجموع المياه المتساقطة على الأرض. إن قسما من مياه الأمطار يتسرب إلى داخل الأرض وجزء أخر يتبخر وآخر ينساب على السطح ويمر من العبارة التي سيتم إنشائها او الطريق ، يعتمد مقدار الانسياب السطحي على مساحة الأراضي التي تسقط عليها الأمطار وحدة انحدار هذه الأراضي، كما يعتمد على نوعية التربة (مسامية أو غير مسامية) ، كما يعتمد الانسياب على مساحة الأبنية والطرق والأرصفة في تلك المنطقة، حيث أن المنطقة الكثيرة الشوارع والأرصفة تتسبب في انسياب الماء السطحي، وان الرياح التي تهب باتجاه الانحدار تساعد على زيادة الانسياب السطحي

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

ويراعى في تصميم المواسير الأسس الآتية:

1 . مراعاة التغير في معادلات الصرف بحيث لا تقل السرعة عندما تكون الماسورة ممتلئة تماما عن:
   - 90سم/ثانية لأقطار المواسير حتى 200مم.
   - 80سم/ثانية لأقطار المواسير بين 200و 500مم.
   - 75سم/ثانية لأقطار المواسير أكبر من 500مم.
2 . لا تقل السرعة بمواسير الصرف عن 45سم/ثانية في حالة أدنى تصرف.

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

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

(أ) تأكل المواسير نتيجة لشدة احتكاك المياه وما بها من أتربة ورمال عند زيادة السرعة بدرجة كبيرة.

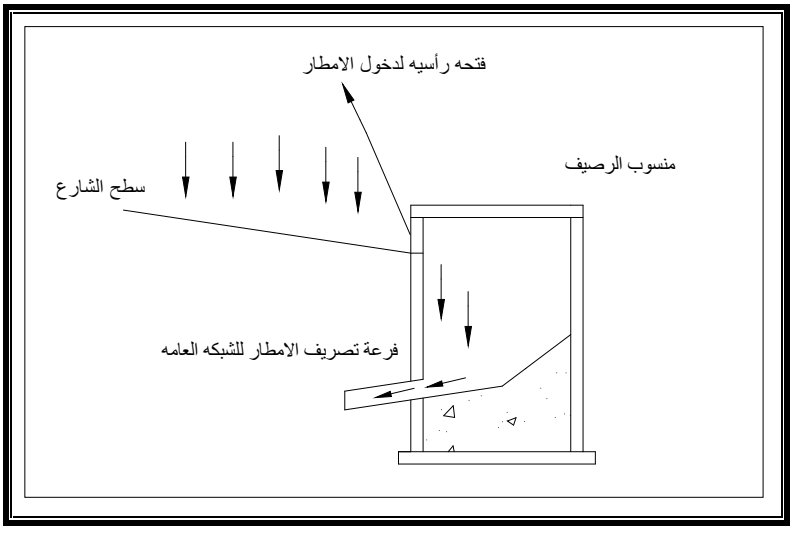
(ب) زيادة ميول المواسير في حالة زيادة السرعة ويتبع ذلك زيادة في أعماق خنادق المواسير، وزيادة كبيرة في التكاليف الإنشائية للمواسير وملحقاتها.

9-5 البالوعات:

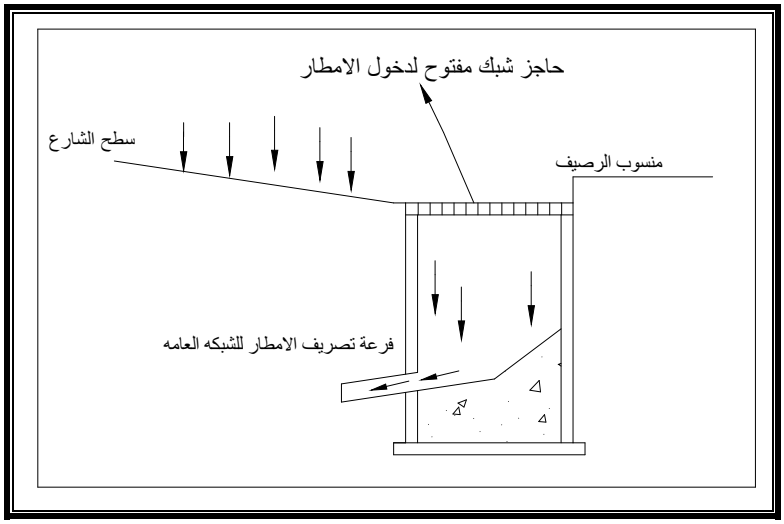
تصمم عن جانبي الطريق بجوار الرصيف أو تحته، وتكون عادة عند تقاطع الطريق، وفي ألاماكن المنخفضة بالنسبة للاتجاه الطولي للشارع وتكون في صورة مبسطة لمجرد تجميع مياه الأمطار وغسيل الطريق وتصريفها إلى شبكة التصريف العمومية.

وأحيانا تكون عميقة وبها حيز الأتربة والرمال، حتى لا تصل هذه المواد إلى مواسير التصريف الرئيسية، وتكون الفتحات التي تدخل منها الأمطار والمياه أما رأسية في جانب الطريق كما في الشكل (5-2-a) أو أفقية بجوار الرصيف مباشرة كما في الشكل (٥-٢-b).

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



الشكل رقم(٥-٢-a): فتحات رأسية.



الشكل رقم (5-2-b): فتحات أفقية.

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

الجدول رقم (5-7) المسافة بين البالوعات على اساس الميل.

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

5-10 العبارات:

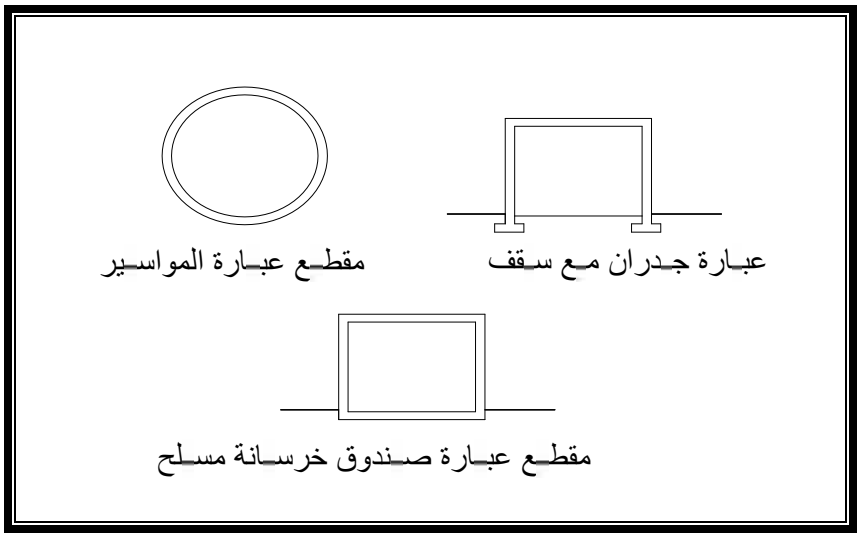
يتم بناء العبارات عادة قبل المباشرة بإنشاء الطريق بحيث توضع العبارة في المكان الصحيح وبنفس اتجاه مجرى الماء، ولو أدى ذلك لجعلها غير متعامدة مع الطرق وبالتالي إلى زيادة طولها وارتفاع تكاليفها، و العبارات تستخدم في عملية تجميع مياه الأمطار التي تسقط على جانبي الطريق من الجبال والأودية، وتكون مصنوعة من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

يعتمد طول العبارة على عرض جسم الطريق وميوله الجانبية، كما يعتمد على انحدار العبارة والزاوية التي تصنعها مع محور الطريق، ولذا فإن العبارات على الطريق الواحد تختلف أطوالها تبعا

لهذه العوامل، إن طول العبارة يزيد على طول سطح الطريق وقد يصل هذا أطول إلى ضعف طول سطح الطريق.

يجب أن تكون العبارة قوية تتحمل ثقل السيارات والردم الذي فوقها بكفاءة مع الأخذ بعين الاعتبار أنه كلما انخفض مستوى ظهر العبارة عن سطح الطريق توزع ضغط السيارة على مساحة أكبر، وتمكنت العبارة من حمل الأثقال دون فشل، لهذا السبب كان لا بد من تخفيض ظهر عبارة المواسير تحت سطح الطريق الترابي بحوالي 75سم لأنها أضعف من عبارات الصناديق والجسور التي تستطيع أن تتحمل أثقال السيارات مباشرة، خاصة إذا لم يتواجد فوقها الطمم الترابي.

وفي ما يلي بعض إشكال العبارات (5-3):



شكل رقم (5-3): أشكال ومقاطع العبارات.

5-11 التصرفات الناتجة من الأمطار وتصميم شبكاتها:

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

1. تحديد معدلات الأمطار المسموح باستخدامها في التصميم ويتوقف ذلك على أهمية كل منطقة ، ومدى الأضرار التي تتعرض لها المنشآت بسب فيضان الأمطار.
2. تحديد النسبة التي تصل شبكات التصريف من مياه الأمطار ويتوقف ذلك على طبيعة المنطقة وما بها من مساحات ترابية ومساحات مرصوفة ، وميول الأرض ، ونسبة ما يمكن فقده بالتسرب في المناطق الغير المرصوفة ، وكذلك تخطيط شبكة التصريف التي تستقبل مياه الأمطار ، وتسمى هذه النسبة بمعامل المطر التي تزيد قيمته مع زيادة كثافة الأمطار.

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

Q = C.I.A…….. (1-5)

حيث:

Q: كمية المياه (Flow rate). (لتر / ثانية).

C: معامل الانسياب السطحي (C Factor) (معامل المطر).

I: كثافة المطر (Rainfall intensity). (لتر / ثانية. هكتار).

A: المساحة (Area). (هكتار).

معامل المطر للأسطح المختلفة :

جدول رقم (5-8): معامل المطر(C Factor) للأسقف المختلفة.

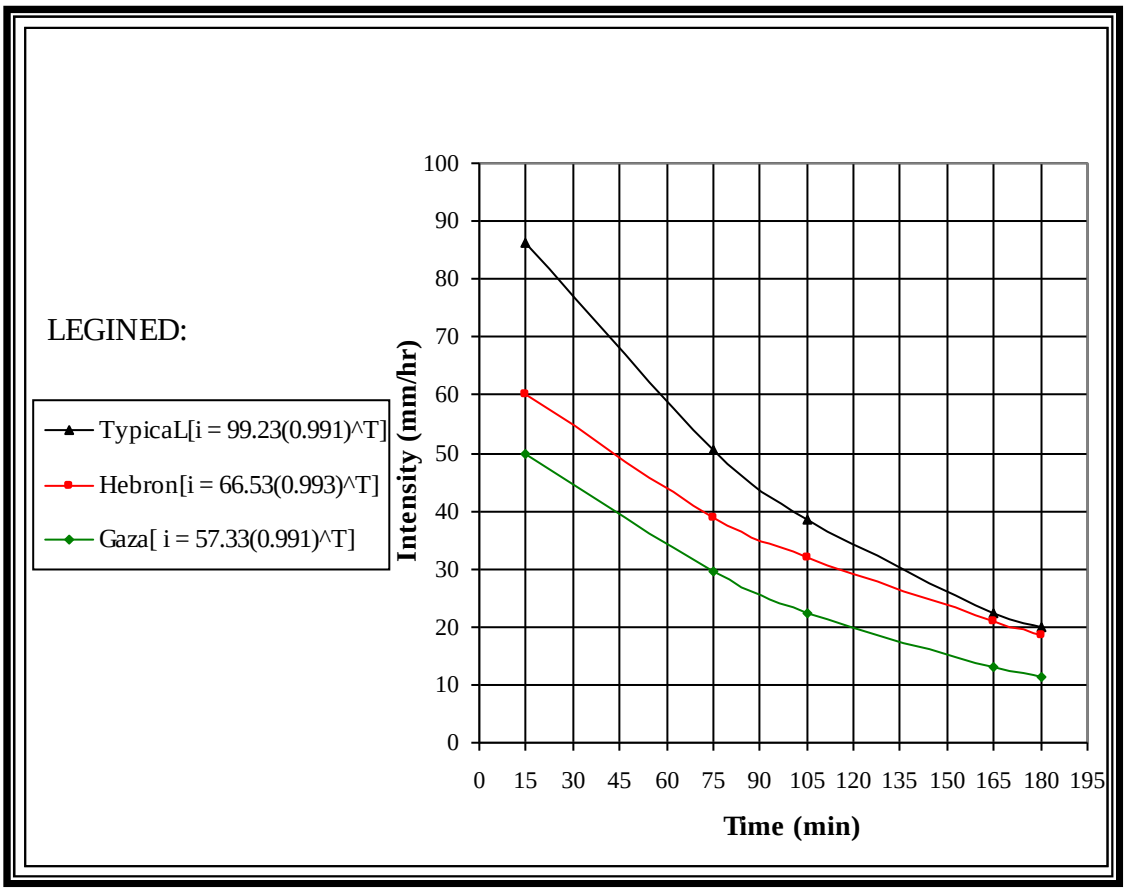
نوع السطح	معامل المطر (C Factor)
أسطح المباني	0.95 – 0.75
شوارع ومسطحات مرصوفة رصف جيد	0.95 – 0.85
رصف بالطوب أو الحجارة بالمونة	0.85 – 0.75
رصف بالطوب او الحجارة بدون مونة	0.70 – 0.50
طرق بدكة دقشوم او حصى	0.60 – 0.25
طرق زلطية ومشايات مدكوكة	0.30 – 0.15
طرق غير مرصوفة	0.30 – 0.10
حدائق ومساحات خضراء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

وفي هذا المشروع أخذنا قيم معامل المطر للإسفلت 0.8 وللمناطق الترابية 0.2 كما هو موضح بالعمود (8) في الجدول رقم (5-9) الذي يبين الحسابات لتصميم شبكة صرف المياه للطريق:

Table (5.9)

LINE NUMBER		LOCATION		STREET LENGTH	AREA	RAINFALL INTENSITY				STREET DATA				DESIGN							
		STREET				RUN OFF COEFFICIENT(C)	C.A	SUMMA.C)	Tc	Q		UPPER MH. ELEV.	LOWER MH. ELEV.	STREET SLOPE	WATER PIPE SLOPE	WATER PIPE DIA.	DEPTH OF FLOW (h)	CAPACITY FULL (Q)	VELOCITY FULL	VELOCITY ACTUAL	INVERT DROP ELEV. MH	INVERT DROP ELEV. UP MH	INVERT DROP ELEV. LO MH
		UPPER MH. NO.	LOWER MH. NO.	(m)	(ha)		(ha)	(ha)	(min)	(l/s)		(m)	(m)	(%)	(%)	(cm)	(cm)	(l/s)	(m/s)	(m/s)	m	m	m
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
1	A	1	3	110.00	0.229	0.80	0.183	0.046																
				-	0.829	0.20	0.166	0.212	16.830	187.80	39.74	932.26	921.00	10.25	10.25	20	8.40	105.90	3.99	3.60	—	11.275	930.58	919.30
2	A	3	6	135.00	0.269	0.80	0.215	0.427																
				-	1.624	0.20	0.324	0.751	19.080	184.01	138.20	921.00	905.96	11.1	11.1	25	14.85	240.87	4.29	4.50	0.05	15.090	919.25	904.16
3	A	6	9	138.70	0.279	0.80	0.223	0.974																
				-	1.800	0.20	0.360	1.334	21.40	180.19	240.38	905.96	896.03	7.1	7.1	30	23.94	263.82	3.74	4.00	0.05	9.980	904.11	894.13
4	A	9	12	165.00	0.329	0.80	0.263	1.597																
				-	2.900	0.20	0.580	2.177	24.15	175.76	382.63	896.03	885.1	6.6	6.6	40	25.04	545.36	4.34	4.60	0.10	10.880	894.03	883.15
5	A	12	15	165.00	0.334	0.80	0.267	2.444																
				-	1.938	0.20	0.387	2.831	26.90	171.45	485.41	885.1	868.25	10.2	10.2	45	25.84	666.30	5.30	5.70	0.05	17.000	883.20	866.20
6	A	15	19	220.00	0.441	0.80	0.352	3.183																
				-	3.353	0.20	0.670	3.853	30.56	165.87	639.13	868.25	860.2	3.6	3.6	55	42.35	720.70	3.67	3.92	0.10	7.920	866.10	858.18

وكثافة المطر في منطقة الخليل موضحة كما في شكل(٥-٤):



الشكل (5-4): كثافة المطر.

والجدول التالي يوضح مدة كثافة المطر لمنطقة الخليل .

جدول رقم (5-10): مدة كثافة المطر لمنطقة الخليل.

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

والمعادلة التالية تعبر عن مدة كثافة المطر:

$$i = b * m^T \quad \text{..... (2-5)}$$

حيث أن :

i : كثافة المطر(mm/hr)- intensity .

T: مدة السقوط duration time- (min).

b,m: ثابت (constants).

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

يتم حساب قيمة T من المعادلة التالية:

$$t_c = t_i + t_f \quad \text{min} \quad \text{..... (3-5)}$$

حيث :

t_c: وقت تركيز المطر(time of concentration).

ti: وقت الفتحة (inlet time).

tf: وقت التدفق (flow time).

وأخذنا وقت الفتحة (inlet time) تقريبا 15min أما وقت التدفق يتم حسابه حسب المعادلة التالية:

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

حيث أخذنا سرعة التدفق بهذا المشروع 1 m/s، بعد ذلك تم حساب قيمة T (مدة السقوط) ثم حسبت كثافة المطركما هي موضحة بالعمود(11) من جدول رقم (5-9) من المعادلة (٥-٣).

وتم حساب مساحة كل جزء للمنطقة التي تتعرض للامطار وتصب بالطريق سواء من الطريق أو من الجبل عن طريق برنامج الاوتوكاد كما هي موضحة باللوحة رقم (١) في الملحق رقم (٤)، والعمود(6) من جدول رقم (5-9) والذي يبين المساحات بالهكتار للجبال وللطريق ، وبعدها تم حساب كمية المطر حسب المعادلة (٥-١)، والتي كانت كما هو مبين بالعمود(12) من جدول رقم (5-9).

٤. بعد ذلك تم تحديد ارتفاع المناهل عن طريق المقطع الطولي للطريق بعد تصميمه وكانت ارتفاعات المناهل كما هي موضحة بالعمود (13) والعمود (14) من جدول رقم (5-9).

٥. من العمود رقم (13) والعمود رقم (١٤) تم تحديد ميل الشارع من إرتفاع المناهل، وتم اخذ ميل الأنبوب المراد تصميمه لتصريف مياه المطر نفس ميل الشارع كما هو موضح بالعمود رقم (15) والعمود رقم (١٦) من جدول رقم (5-9).

٦. العمود رقم (١٧) يتم حسابه من الجداول التصميمية المرفقة بالملحق رقم (٤) وتأخذ بعين الاعتبار الميل وكمية المياه من جدول رقم (5-9).

٧. بعد إعتماد القطر نأخذ Q ، V كما هو موضح بالعمود رقم (١٩) و(٢٠) من جدول رقم (5-9).

٨. التغير بين قطر الانبوب يتم وضعه بالعمود رقم (٢٢) من جدول رقم (5-9).

٩. عمود (٢٣) ينم إيجاده من حاصل ضرب عمود (١٦) و عمود (١٥).

١٠. عمود (٢٤) ناتج عن طرح القيمة 1.5m(بين الطريق وأنبوب المياه) وقطر الأنبوب من ارتفاع المنهل.

١١. عمود (٢٥) ناتج عن طرح عمود (٢٤) من عمود (٢٣).

والمقطع الطولي لخط التمديدات كما هو مبين في اللوحة رقم (٢) ورقم (٣) في الملحق رقم (٤).

حساب مقطع العبارات:

١) العبارة الاولى :

$A = 129682.34\ m^2$

$A = 12.968234\ ha$

$C = 0.2$

$I = 127.10$

$Q = C\ I\ A$

$Q = 0.2 * 127.10 * 12.968234$

$=329.6\ l / s$

$A = Q/V$

$= 329.6*10^{-3}/1$

$= 329.6*10^{-3} m^2$

إذا كانت العبارة التي سوف يتم تصميمها بشكل مربع يكون ضلعها على النحو التالي في حالة كون العبارة ممتلئة:

$X = (329.6*10^{-3})½$

$X = 0.6m$

وكان ضلع العبارة التي سوف يتم تصميمها بحيث تكون غير ممتلئة هو(0.9 m).

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

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

$$329.6 * 10^{-3} = \left(\frac{® * D^2}{4} \right)$$

D = 0.65 m.=>0.8m (وذلك لانه لا يوجد قطر٠.٦٥)

وكان قطر العبارة التي سوف يتم تصميمها بحيث تكون غير ممتلئة هو(1m)عن طريق الجداول التصميمية للمياه.

2) العبارة الثانية :

A = ١٢.٩٦٨٢٣ + ١٨.٧٠٢٣٧ ha

A = ٣١.٦٧٣٦ ha

C = 0.2

I = 127.10

Q = C I A

Q = 0.2 * 127.10 * 31.6736

=805.1429 l / s

A = Q/V

= 805.06*10¯ ³/1

= 805.06*10¯ ³m²

إذا كانت العبارة التي سوف يتم تصميمها بشكل مربع يكون ضلعها على النحو التالي في حالة كون العبارة ممتلئة:

X = (805.06*10¯ ³)½

X = 0.9m

وكان ضلع العبارة التي سوف يتم تصميمها بحيث تكون غير ممتلئة هو(1.10 m).

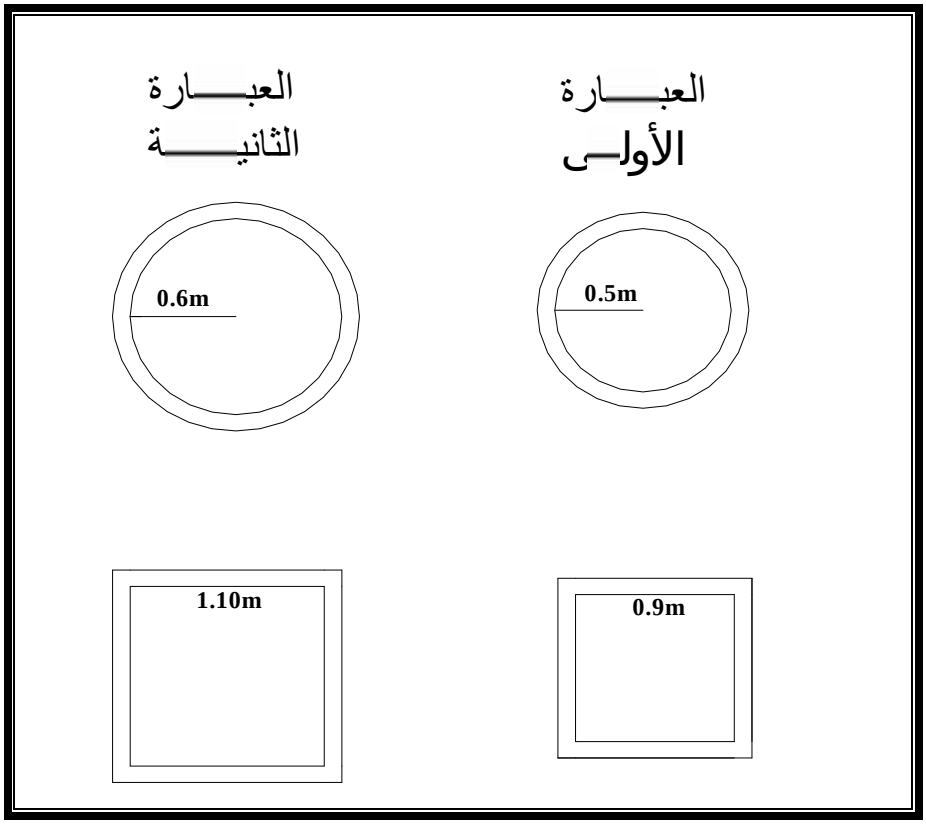
إذا كانت العبارة التي سوف يتم تصميمها بشكل دائري يكون قطرها على النحو التالي في حالة كون العبارة ممتلئة:

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

$$805.06 * 10^{-3} = \left(\frac{® * D^2}{4} \right)$$

D = 1 m.

وكان قطر العبارة التي سوف يتم تصميمها بحيث تكون غير ممتلئة هو(1.20m)عن طريق الجداول التصميمية للمياه.**والشكل التالي (0-0)** يبين مقطع للعبارة الأولى والثانية:



الشكل رقم (0-0): مقطع للعبارة الأولى والثانية.

تم وضع العبارة الأولى عند عند المحطة 0+380m والثانية عند المحطة 0+640m تقريبا.

□٦□

الفصل السادس

التصميم الأنشائي للطريق

الفصل السادس

التصميم الانشائي للطريق

1-6 مقدمة (Introduction):

مع تزايد أهمية شبكات الطرق وتكلفتها العالية استوجب تطوير عدة أساليب لتصميم رصفات الطرق آخذة بالاعتبار سلوك التربة ومواد الرصف تحت تأثير الأحمال الكبيرة والتأثيرات المناخية والبيئية المختلفة، والغرض الأساسي من الرصف هو نقل الجهود الناتجة من حركة المرور من سطح الطريق خلال طبقات الرصف المختلفة حتى يصل تأثيرها الى طبقة التربة التي يتوقف عليها مدى صلاحية الرصف واحتماله لهذا الاجهادات، وكلما زادت الأحمال المارة زاد سمك مادة الرصف والذي بدوره يتوقف على على نوع تربة الأساس وقوة تحملها.

2-6 أنواع الرصفة (Kind of Pavement) :

وينقسم الرصف إلى نوعين :

١. الرصف المرن او الاسفلتي (Fixable Pavement): يوجد ثلاثة أساليب لإنشاء هذا النوع من الرصفات.

أولا : الرصفات الإسفلتية التقليدية(Conventional Flexible Pavement) :

تتكون من ثلاث طبقات رئيسية، الطبقة السطحية، ، (Surface Course)تليها طبقة الأساس (Base Course) ثم طبقة ما تحت الأساس، (Sub base Course) الطبقة السطحية تكون من أفضل نوعية مواد من حيث القدرة على التحمل .ينتقل تأثير الحمولات المرورية من خلال هذه الطبقات إلى التربة الطبيعية التي يفترض أن تكون قدرتها على التحمل عالية نسبياً حيث يتم دمكها بشكل جيد (Compacted Sub grade) لتحسين مواصفاتها.

ثانياً : الرصفات الإسفلتية .(Full-Depth Asphalt Pavement) : تتكون الرصفة من طبقة أوأكثر من الخلطات الإسفلتية الساخنة (Hot Mix Asphalt) ويتم إنشاؤها مباشرة فوق التربة الطبيعية أو المحسنة(Improved Sub grade)تعتبر من أفضل الرصفات قدرةعلى تحمل الشاحنات الثقيلة.

لا يوجد فيها طبقات تحتجز المياه لمدة طويلة والمدة الزمنية اللازمة لإنشائها أقل من الرصفات المرنة التقليدية,لا تتأثربالرطوبة أو الصقيع,هناك تجانس بين مختلف طبقات الرصف.

ثالثاً: الرصفات الإسفلتية الحاضنة(Contained Rock Asphalt Mats-CRAM) :

تتكون من أربع طبقات العليا والسفلى من الخلطات الإسفلتية الساخنة والثانية والثالثة من مواد حصوية، وهذا الأسلوب الإنشائي ميزته أن الطبقة الإسفلتية السفلى تساهم بشكل ملحوظ في تقليل تأثير الإجهاد الرأسي على التربة والذي يسبب هبوط التربة, ومن مميزاتها ما يلي:

أ- التحكم بتصريف مياه الأمطار بوجود الطبقة الحصوية العالية النفاذية.

ب- منع تلوث الحصمة بالأتربة القادمة من طبقة التربة الطبيعية.

ت- تقليل حدوث تشققات الكلل أو التمساحية (Fatigue Cracking) التي تتكون في أسفل الطبقة الإسفلتية العليا باستخدام إسفلت قليل اللزوجة.

٢. الرصف الصلب أو الخرساني (Rigid Pavement): يتكون هذا النوع من بلاطة خرسانية (Slab PCC) يتم إنشاؤها مباشرة على التربة الطبيعية أو يوضع تحتها طبقة أساس حصويةBase Course، تعتبر صلابة البلاطة الخرسانية العامل الأهم في التصميم, أما العامل الأهم في تصميم الرصفات المرنة هو قدرة تحمل التربة الطبيعية, ينتشر هذا النوع من الرصفات في المناطق الباردة (أوروبا وروسيا وأمريكا الشمالية) حيث تقاوم الفواصل الموجودة بين بلاطات الرصفة التغيرات الحرارية الكبيرة بين الصيف والشتاء أو بين الليل والنهار، ومن الممكن أن تكون هذه البلاطات الخرسانية مسلحة أو غير مسلحة تبعا لأحجام المرور أو الأحمال الواقعة عليه .

وتكمن أهمية الأساس هنا في ما يلي :

أ- التحكم بتسرب المياه الجوفية والأتربة من خلال الفواصل الموجودة في البلاطة الخرسانية.

ب- التحكم بتأثير الصقيع في البلاد الباردة(Frost Action) .

ت- تحسين تصريف مياه الأمطار.

ث- تقليل حدوث الانكماش (Shrinkage) والانتفاخ.(Swell).

٣. الرصفات المركبة .(Composite Pavements): يحتوي هذا النوع من الرصفات على طبقات إسفلتية وخرسانية، وتكون الطبقة الإسفلتية فوق البلاطة الخرسانية كطبقة إكساء (Overlay) بهدف إعادة تأهيل أو صلاح الرصفة . تستخدم الرصفات المركبة عند إعادة الإنشاء لمقاومة الحمولات المرورية العالية في الطرق الاستراتيجية.

6-3 اعتبارات التصميم(Design Consideration) :

١. الحجوم والحمولات المرورية.(Traffic and Loading): تقدير الحمولات المحورية يتم باستخدام الحمل المحوري القياسي المساوي وهذا يستلزم معرفة أنواع وعدد المركبات المتوقع مرورها على الطريق خلال العمر التصميمي.(Design Period)

٢. البيئة المحيطة(Environment):و أهم العوامل البيئية التي تؤثر على تصميم الرصفات، تغير درجات الحرارة الذي يسبب حصول التشققات، وزيادة معدل هطول المطر وتراكم الثلوج ترفع نسبة الرطوبة في طبقات الرصفة السفلية وتعمل على ارتفاع مستوى المياه الجوفية التي يجب أن تبقى على عمق ٩٠سم على الأقل من سطح الرصفة.

٣. مواد الرصفة(Pavement Materials): يجب توفر الخصائص التالية في المواد المكونة لطبقات الرصفة المرنة: يجب أن تتحمل الخلطات الإسفلتية التغير في درجات الحرارة، و تناسب مواد الرصفة مع متطلبات التصميم مثلاً تكون مقاومة للتشققات التمساحية أو تكون الطبقات السفلية للرصفة تقاوم التشوه الثابت (Permanent Deformation) الناتج عن زيادة الحمولات المحورية.

6-4 عوامل التصميم حسب طريقةAASHTO (Design Factor According To AASHTO) :

عند تصميم أي طريق يجب أن تكون بيانات أحجام وأحمال المرور المتوقعة متوفرة لعملية التصميم الإنشائي للطريق.

٦-٤-١ الأحمال المتوقعة (ESAL):

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.

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 مستوي الخدمة النهائي Pt

للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) = ٢.٥ ، وللطرق المحلية والثانوية (ذات المرور المتوسط) ٢.٠٠ .أما المحور القياسي فمقداره ١٨٠٠٠Ib (٨٠٠٠٠ كيلو نيوتن) .

٦-٤-٢ نسبة تحمل الكاليفورنيا CBR:

نسبة تحمل كاليفورنيا CBR من العوامل المهمة في طرق تصميم الرصف المرن ، خاصة عند استخدام طريقة AASHTO ، وهي عبارة عن قياس نسبة تحمل التربة إلى تربة قياسية ، وغالباً ما يستخدم اختبار نسبة قوة تحمل كاليفورنيا (CBR) لذلك الغرض ويجرى هذا الاختبار بقراءة مدى اختراق مكبس قياسي داخل عينة مدكوكة بطريقة قياسية على نسبة رطوبة مقررة في قالب قياسي ثم تحسب نسبة الأحمال التي تعطي اختراقاً قدره ٠.١٠ بوصة إلى الأحمال التي تعطي الاختراق نفسه ولكن داخل عينة من كسر الأحجار المسحوقة العالية النوعية (والتي لها قيمة CBR= 100) وهذه النسبة هي نسبة قوة تحمل كاليفورنيا (CBR) للمادة التي يجري اختبارها.

٦-٤-٣ توزيع الحركة :

يتم تصميم الطريق على أساس حجم المرور المتوقع على الحارة الواحدة من الطريق ويختلف هذا الحجم تبعاً لعدد الحارات بالطريق، وكذلك النسب الخاصة بالنوعيات المختلفة من المركبات وفي حالة الطرق التي تزيد عن حارتين في الاتجاهين تتميز الحارات الخارجية (جهة الأكتاف) بزيادة الحركة عليها خصوصاً في الأوقات التي يقل بها المرور وعموماً يمكن الاسترشاد بالنسب في الجدول (٦-١) للتوزيع في حالة عدم توفر بيانات عن ذلك.

جدول رقم (٦-١): نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية.

Number of traffic lane (Two Directions)	Percentage truck in design lane (%)
2	50
4	45 (35-48)
6 or more	40 (25-48)

٦-٤-٤ الفترة التصميمية (Road Way Life Span):

وهي الفترة الزمنية بالسنين من تاريخ افتتاح الطريق للمرور حتى تاريخ احتياجه إلى صيانة جسيمة وعادة ما تكون بين ١٠و٣٠ سنة وتؤخذ الفترة التصميمية ٢٠ سنة للرصف المرن للطرق ويمكن اختيار أي فترة زمنية أخرى بما يتناسب وظروف الإنشاء ودرجة أهمية الطريق.

٦-٤-٥ معدلات الزيادة السنوية(Gf):

وتقدر معدلات الزيادة السنوية في أحجام المرور بمعرفة متوسط حجم المرور اليومي على الطريق لعدة سنوات ومنه يمكن حساب معدل الزيادة السنوية في حجم المرور على هذا الطريق وفي حالة عدم توفر بيانات كافية لتقدير هذه النسبة فإنه يمكن استخدام نسبة زيادة سنوية في حجم المرور تتراوح بين ٢ - ٤٪ طبقاً للمنطقة التي يتم إنشاء الطريق بها ولمعاملات النمو حسب الفترة التصميمية وكما تظهر في الجدول رقم (٦-٢).

جدول رقم (٦-٢): معاملات النمو Gf.

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

٦-٥ تصميم طبقات الرصف (Thickness Design):

حساب طبقات الرصف الاسفلتية والتي تتألف من :

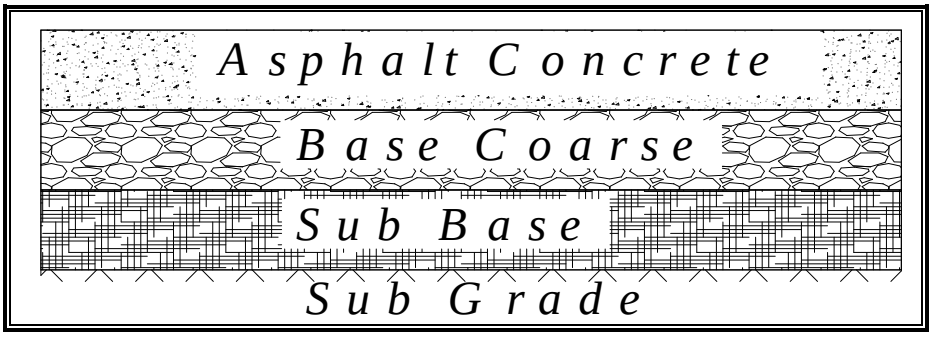
أ-طبقة الاسفلت(Asphalt Concrete)

ب-طبقة الاساس (Base Coarse).

ت-طبقة القاعدة(Sub Base).

ث- طبقة ما تحت القاعدة وهي ليست شائعة.

ويبين الشكل (٦-١) ترتيب طبقات الرصف الاسفلتية .



الشكل (٦-١): طبقات الرصف الاسفلتية.

٦-٥-١ التجارب المخبرية:

تهدف هذه **التجارب** إلى التركيز على اختبارات مواد الطرق الأساسية للحصول على النتائج الدقيقة المطلوبة التي تمكن من الحكم السليم على جودة المواد و الأعمال المنفذة ومن ثم قبولها أو رفضها .**وتشمل:**

٦-٥-١-١ التدرج الحبيبي للتربة :

تتكون التربة من حبيبات صلبة متفاوتة الأحجام ، والتدرج الحبيبي للتربة هو الوسيلة التي تحدد نسبة تواجد الحبيبات ذات الأحجام المعينة في التربة الواحدة ولتحديد التدرج الحبيبي لنوع من التربة معمليا تأخذ عينة منها وتمرر على مجموعة من المناخل كل منها فتحات محددة الأبعاد ، ثم يحدد وزن ما تبقى على كل من هذه **المناخل** ، وتمثل النتائج التي نحصل عليها بيانيا على محورين الأفقي توقع عليه الأحجام المختلفة لأحجام التربة والراسي توقع عليه نسب تواجد هذه الأحجام تقدر هذه النسب على أساس الوزن ويسمى المحنى الناتج بمنحنى التدرج الحبيبي الشكل(6-2) ، ويوضح هذا المنحنى أشياء كثيرة منها :

١. يعطي فكرة عن نسبة كل **حجم من الأحجام** .
٢. يبين فيما إذا كانت العينة غنية بحجم معين مثل الطين والحصمة ، أو ينقصها حجم معين .
٣. يساعد على تصنيف التربة .
٤. يسهل عملية مقارنة التربة مع بعضها البعض من جهة ومع المواصفات من جهة أخرى .
٥. يعطي وصفا عن حالة التربة .

وعلى ضوء التدرج الحبيبي نستطيع أن نتوقع سلوكا معينا في التربة ، فإذا كانت تحتوي جميع الأحجام فإننا نتوقع قوة لهذه العينة حيث أنها تكون ثابتة ميكانيكيا ، لان الأحجام الصغيرة تتداخل في فراغات الأحجام الكبيرة ، وإذا كانت العينة ناقصة التدرج في حجم أو أكثر فإننا نتوقع ضعفا لهذه العينة .

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

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

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

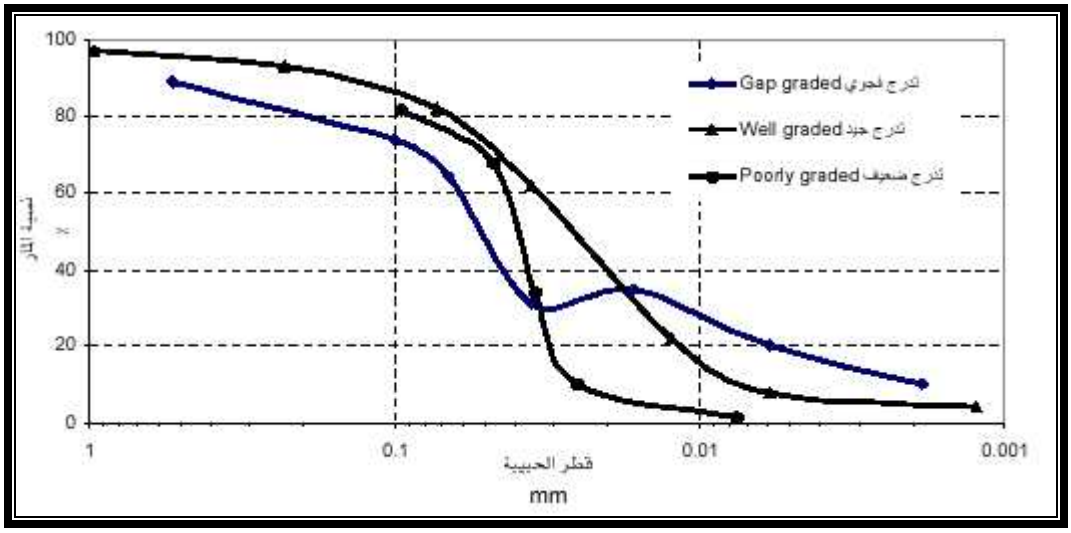
$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \qquad (6-1)$$

3. معامل التدرج (C_c)(**Gradation Coefficient**) : ويوجد حسب العلاقة التالية.

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

قريبا من ١ كان التدريج جيدا أما إذا كان أقل أو أعلى من ١ بكثير فإن التدريج يكون C_c فإذا كان التدريج ضعيف .

أما بالنسبة للتربة الأكثر نعومة فإنه من الصعب فصل حبيباتها عن طريق المناخل، ولذلك فإننا نقوم بعملية التحليل بالترسيب ، حيث تذوب الحبيبات الناعمة في سائل ويتم ملاحظة المعدل الذي تهبط وتترسب فيه، وظاهرة الهبوط مرتبطة بحجم الحبيبات حسب قانون (Stock's law) ، الذي ينص على أن معدل هبوط جسم صلب خلال سائل يكون متناسب مع مربع القطر.



الشكل رقم (٦-٢): منحنى التدرج الحبيبي.

وكانت النتائج كما هي مبينة على النحو التالي:

التدرج الحبيبي (Grain Size Distribution) باستخدام التحليل المنخلي :

جدول رقم (٦-٣-a): التدرج الحبيبي.

sieve #	sieve opening mm	weight retained on each sieve	% weight retained	cumulative % retained	% pass
¾	19	57.9	5.79	5.79	94.21
⅜	9.5	108.5	10.85	16.64	83.36
4	4.75	105.8	10.58	27.22	72.78
10	2	134.27	13.427	40.647	59.353
20	0.85	149.55	14.955	55.602	44.398
40	0.425	118.35	11.835	67.437	32.563
60	0.25	88.52	8.852	76.289	23.711
140	0.106	108.28	10.828	87.117	12.883
200	0.075	110.72	11.072	98.189	1.811
pan	-----	18.11	1.811	100	
$\sum$		1000			

ويمثل الشكل رقم (6-5-a) التوزيع الحبيبي للنتائج.

Sample calculation :

معامل الانتظام ويعرف ب (Cu) uniformly coefficient :

$$Cu = \frac{D\ 60}{D\ 10} \quad \text{.....(٣-6)}$$

D60=2 , D10= 0.09

$$Cu = \frac{2}{0.09} = 22.22$$

معامل التقعر (Cc) concavity coefficient :

$$Cc = \frac{(D\ 30)^2}{D\ 60 * D10} \quad \text{.....(٤-6)}$$

D30=0..36 ، D60=2 , D10= 0.9

$$Cu = \frac{(0.36)^2}{2 * 0.09} = 0.72$$

جدول رقم (6-3-b): التدرج الحبيبي.

sieve #	sieve opening mm	weight retained on each sieve	% weight retained	cumulative % retained	% pass
4	4.75	151.44	15.144	15.144	84.856
10	2	156.2	15.62	30.764	69.236
20	0.85	221.35	22.135	52.899	47.101
40	0.425	174.32	17.432	70.331	29.669
60	0.25	100.2	10.02	80.351	19.649
140	0.106	116.61	11.661	92.012	7.988
200	0.075	36.16	3.616	95.628	4.372
pan	-----	43.72	4.372	100	-----
$\sum$		1000			

ويمثل الشكل رقم (6-5-b) التوزيع الحبيبي للنتائج.

Sample calculation :

معامل الانتظام (Cu) uniformly coefficient :

D60=1..5 , D10= 0.14

$$Cu = \frac{1.5}{0.14} = 10.714$$

معامل التقعر (Cc) concavity coefficient :

$$Cc = \frac{(D\,30)^2}{D\,60 * D10}$$

D30=0.43 ، D60=1..5 , D10= 0.14

٦-٥-١-٢قوام التربة :

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

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

وهي من المعايير المهمة في تحديد خواص التربة المتماسكة

والمحتوى المائي هو عبارة عن نسبة بين وزن الماء داخل الفراغات إلى وزن المواد الصلبة لعينة التربة .

والمحتوى المائي الذي تتحول عنده التربة من حالة إلى أخرى مجاورة بحدود اتربرغ موضحة في الشكل رقم (3-٦) . وهي على النحو التالي

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

وهو عبارة عن الفرق (plasticity index (PI)) ومن هنا نستطيع أن نحدد مؤشر اللدونة أو ما يعرف ب بين حد السيولة وحد واللدونة .

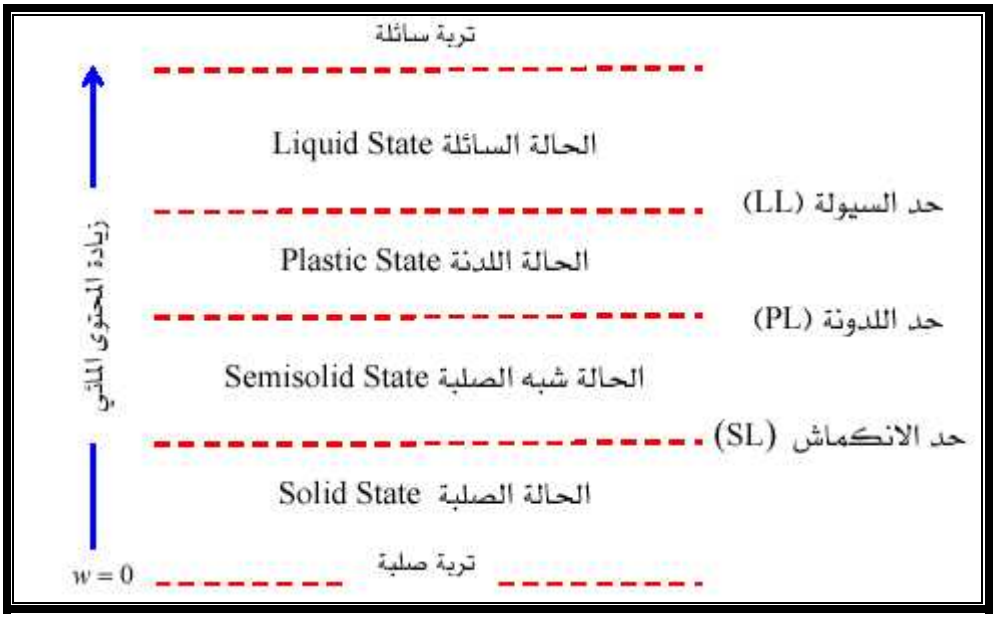
$$PI = LL - PL \quad \text{(٥-6)}$$

Where :

PI: plasticity index.

LL: liquid limit.

PL: plastic limit .



الشكل رقم (٦-٣): المحتوى المائي.

وكانت النتائج كما هي مبينة على النحو التالي:

المحتوى المائي (Water Content Test):

جدول رقم (6-4): المحتوى المائي.

رقم ألجفنه	وزنها فارغ (g) m1	ألجفنه + التربة رطبة (g) m2	ألجفنه +التربة الجافة (g) m3	وزن الماء(g)	نسبة الرطوبة
24	30.91	244.22	225.38	18.84	9.69
c15	31.46	175.51	156.01	19.5	15.66
d8	29.27	212.25	192.44	19.81	12.14
متوسط الرطوبة	12.49				

Sample calculation :

$$W = \frac{m_2 - m_3}{m_3 - m_1} = \quad \% \quad \text{.....(٦-6)}$$

$$W = \frac{244.22 - 225.38}{225.38 - 30.91} = 9.687 \quad \% \qquad W = \frac{175.51 - 156.01}{156.01 - 31.46} = 15.66 \quad \%$$

$$W = \frac{212.25 - 192.44}{192.44 - 29.27} = 12.14 \quad \%$$

حد السيولة (Liquid Limit Test):

الجدول رقم (6-5): حد السيولة للعينة الأولى.

رقم الجفنه	B11	B5	B7	E13
عدد الضربات	45	35	26	13
وزن الجفنه فارغة (غرام)	31.09	31.45	31.2	30.56
وزن العينة رطبة + **الوعاء (غرام)**	71.69	75.4	66.13	68
وزن العينة جافة + **الوعاء (غرام)**	62	64.6	57.4	58.45
وزن التربة جافة (غرام)	30.91	33.15	26.2	27.89
وزن الماء (غرام)	9.69	10.8	8.73	9.55
نسبة الرطوبة	31.3	32.6	33.3	34.2

ويمثل الشكل (٦-6-a) العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة .

حد اللدونة (Plastic Limit Test) :

جدول رقم (6-6): حد اللدونة للعينة الأولى.

رقم الجفنه	A11
وزن الجفنه فارغة (غرام)	31.3
وزن العينة رطبة + **الوعاء (غرام)**	59.2
وزن العينة جافة + **الوعاء (غرام)**	55.1
وزن التربة جافة (غرام)	23.8
وزن الماء (غرام)	4.1
نسبة الرطوبة	17.2

ويعتبر حد اللدونة هو نسبة الرطوبة في العينة = 17.2 %

Plasticity index (PI):

$$PI = Ll - Pl = \quad \text{.....(7-6)}$$

$$PI = 33.4 - 17.2 = \ 16.2$$

العينة الثانية :

الجدول رقم (6-7): حد السيولة للعينة الثانية.

رقم الجفنه	E16	D8	A10	D12
عدد الضربات	30	26	22	18
وزن الجفنه فارغة (غرام)	30.56	31.3	31.2	31.5
وزن العينة رطبة + الوعاء (غرام)	95.6	111.2	123.8	82.2
وزن العينة جافة + الوعاء (غرام)	79.4	90	98.5	67.9
وزن التربة جافة (غرام)	48.84	58.7	67.3	36.4
وزن الماء (غرام)	16.2	21.2	25.3	14.3
نسبة الرطوبة	33.2	36.1	37.6	39.3

ويمثل الشكل (b-6-6) العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة .

حد اللدونة :

جدول رقم (٦-٨): حد اللدونة للعينة الثانية.

رقم الجفنه	A11
وزن الجفنه فارغة (غرام)	31.3
وزن العينة رطبة + الوعاء (غرام)	83.8
وزن العينة جافة + الوعاء (غرام)	75.7
وزن التربة جافة (غرام)	44.4
وزن الماء (غرام)	8.1
نسبة الرطوبة	18.2

Plasticity index (PI): $PI = 36.3 - 18.2 = 18.1$

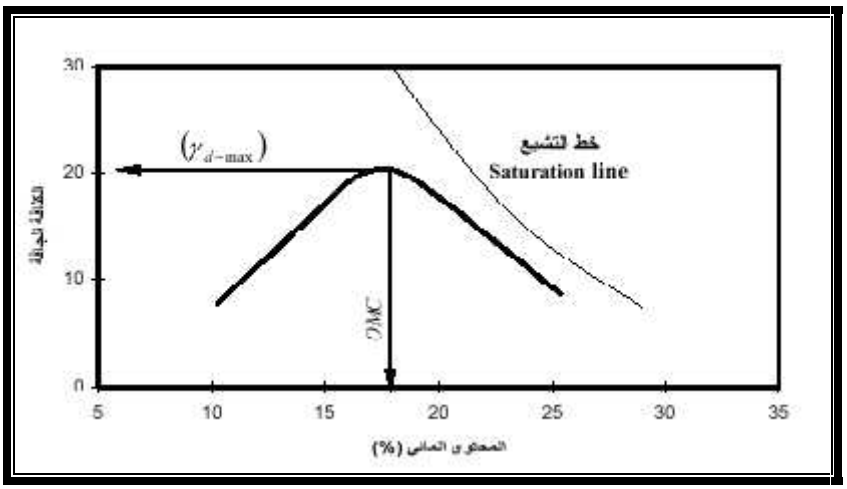
٦-٥-١-٣ دمك التربة :

الدمك هو عبارة عن طرد الهواء من فراغات التربة ميكانيكيا ينتج عنها زيادة في كثافة التربة وارتفاع في قدرة تحملها للإجهاد ومقاومتها للهبوط .

ويمثل دمك التربة أحد المتطلبات الرئيسة في المشاريع المرتبطة بالأعمال الترابية وأهم أعمال الطرق السدود،وأسس المنشئات . ويعرف بأنه الطريقة الميكانيكية التي تؤدي إلى زيادة كثافتها وطرد الهواء الموجود بين حبيباتها، كما وتهدف الى تحسين خواص التربة وتحقيق المتطلبات التالية :

1. زيادة مقدار تحمل التربة .
2. الحد من نسبة هبوط التربة والتقليل من نسبة الفراغات.
3. التحكم في التغيرات الحجمية للتربة من حيث الانكماش والانتفاخ.
4. خفض نفاذية المياه.
5. زيادة عامل الأمان.

ويحدث الدمك عند تعرضها لضغط ينتج عنه إعادة ترتيب الحبيبات تحت تأثير محتوى مائي محدد ، ويكمن الغرض من الدمك إيجاد أقصى كثافة جافة (γ_d) بالإضافة إلى نسبة المياه الحرجة أو ما يعرف بمحتوى الماء الأمثل المبينة في الشكل رقم (٦-4) .وهي عبارة عن الحد الفاصل بين أن تكون التربة خشنة وصعبة الدمك وذات فراغات تؤدي إلى انخفاض كثافتها الجافة، أو أن تجعل التربة قابلة للحركة والانزلاق والتباعد.



الشكل رقم (٦-٤): توضيح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة.

ويعتبر اختبار بروكتور القياسي أو المعدل من أهم التجارب التي تجرى على دمك التربة معمليا عوضا عن دمكها في الحقل .ويعتمد دمك التربة عن طريق البركتور بشكل عام على الكثافة الجافة والمحتوى المائي

والتوزيع الحبيبي للتربة، **وكذلك طاقة الدمك المستعملة** ، ولكن من المستحيل الحصول على خط التشبع المبين في الشكل السابق وهذا يمثل أكبر قيمة للكثافة الجافة، وهذا يدل على zero air void ومن المستحيل الحصول عليها إلا نظريا، ولذلك منحنى الدمك لا يتقاطع مع خط التشبع .

ومن والعوامل التي تعتمد عليها عميلة الدمك :

1. **نوع التربة**: وتعتمد على نوع وخصائص حبيباتها مثل شكل الحبيبات وتوزيعها والوزن النوعي ونسبة المواد الطينية فيها ، فالتربة ذات الخليط من الزلط والرمل لها **أعلى كثافة جافة وأقل محتوى مائي بالمقارنة مع التربة** الطينية الثقيلة التي لها **أقل كثافة جافة وأعلى محتوى مائي.**
2. **طاقة الدمك**: وهي من المعايير التي يمكن من خلالها الحكم على جودة **دمك التربة**، والزيادة في طاقة **الدمك** ، يؤدي إلى الزيادة في الكثافة **الجافة** ونقصان **في المحتوى المائي.**
3. **المحتوى المائي**: هو العامل الرئيس للحصول على أعلى كثافة جافة للتربة تحت تأثير درجة دمك معينة، ويزيد المحتوى المائي لعينات التربة المستخدمة بهدف الحصول على نسبة المياه الحرجة والمثالية للدمك.

وكانت النتائج كما يلي:

اختبارات الدمك (Compaction Tests) :

تجربة بركتور (Proctor) :

جدول رقم (6-9): دمك التربة.

وزن القالب + القاعدة	3922						
وزن القالب +العينة + القاعدة	5486	5544	5614	5675	5842	5776	5741
وزن العينة المدموكة	966	1014	1074	1142	1314	1248	1213
رقم الجفنة	E16	D8	A10	D12	B9	C11	C5
وزن الجفنة+العينة رطبة	169.84	163.74	115.90	110.37	132.63	133.83	158.51
وزن الجفنة+العينة جافة	163.39	153.08	106.36	99.85	116.37	114.21	134.35
وزن الجفنة	31.66	29.26	30.65	31.88	31.16	30.08	42.30
محتوى الرطوبة	4.89	8.61	12.60	15.48	19.08	23.32	26.25
الكثافة الرطبة	1.67	1.73	1.79	1.86	2.05	1.97	1.94
الكثافة الجافة	1.58	1.59	1.6	1.617	1.717	1.6	1.53

Note D=10.14 cm , H:=11.63 cm , V=938.69 cm^3

ويمثل الشكل (6-7) العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة .

$$\gamma = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad \text{.....} \quad (6\text{-}٨)$$

$$\gamma = \frac{4888 - 3922}{938.69} = 1.029 \quad g/cm^3 \qquad \gamma_d = \frac{100\,\gamma}{100 + Wc}$$

- محتوى الرطوبة المثالي 19% الكثافة الجافة القصوى 1.72 غم/سم٣

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR):

جدول رقم (6-10): نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR).

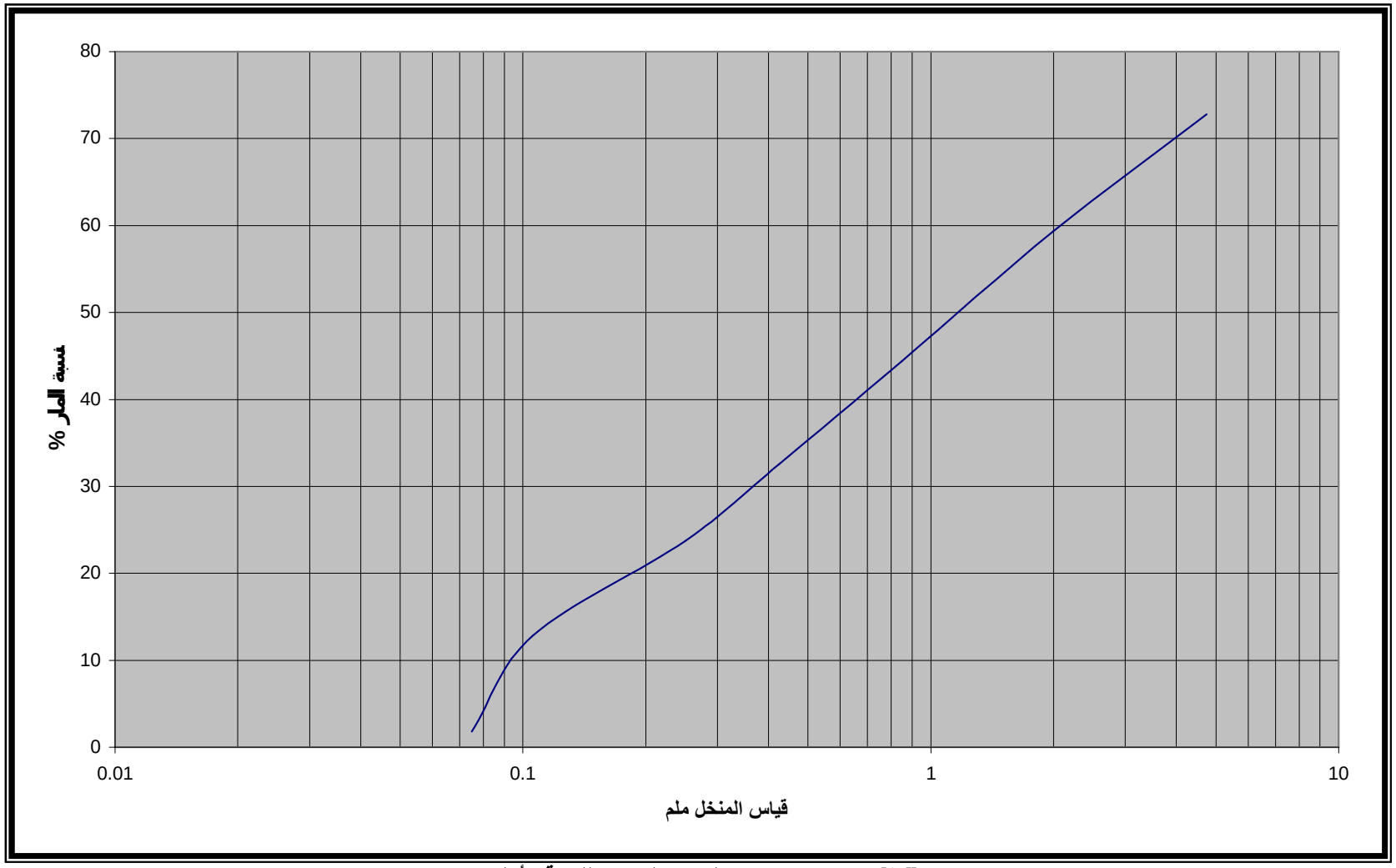
No. of Blows	10			30			65		
Penet. Depth mm	Dial	Load kg	Stress kg/cm^2	Dial	Load kg	Stress kg/cm^2	Dial	Load kg	Stress kg/cm^2
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.5	8	20	1	19	48	2	30	76	4
1	14	36	2	35	88	5	55	140	7
1.5	17	43	2	51	130	7	85	216	11
2	22	56	3	67	170	9	112	284	15
2.5	24	61	3	85	216	11	145	368	19
3	31	79	4	98	249	13	165	419	22
3.5	37	94	5	114	290	15	190	483	25
4	44	112	6	127	323	17	210	533	27
4.5	54	137	7	148	376	19	242	615	32
5	59	150	8	161	409	21	263	668	34
5.5	61	155	8	173	439	23	284	721	37
6	64	163	8	185	470	24	305	775	40
6.5	69	175	9	197	500	26	325	826	43
7	75	191	10	213	541	28	350	889	46
7.5	91	231	12	236	599	31	380	965	50
8	103	262	13	254	645	33	405	1029	53
10	112	284	15	311	790	41	510	1295	67
12	135	343	18	388	986	51	640	1626	84

ويمثل الشكل رقم (٦-8-a) العلاقة بين قيمة الغرز و الإجهاد ،

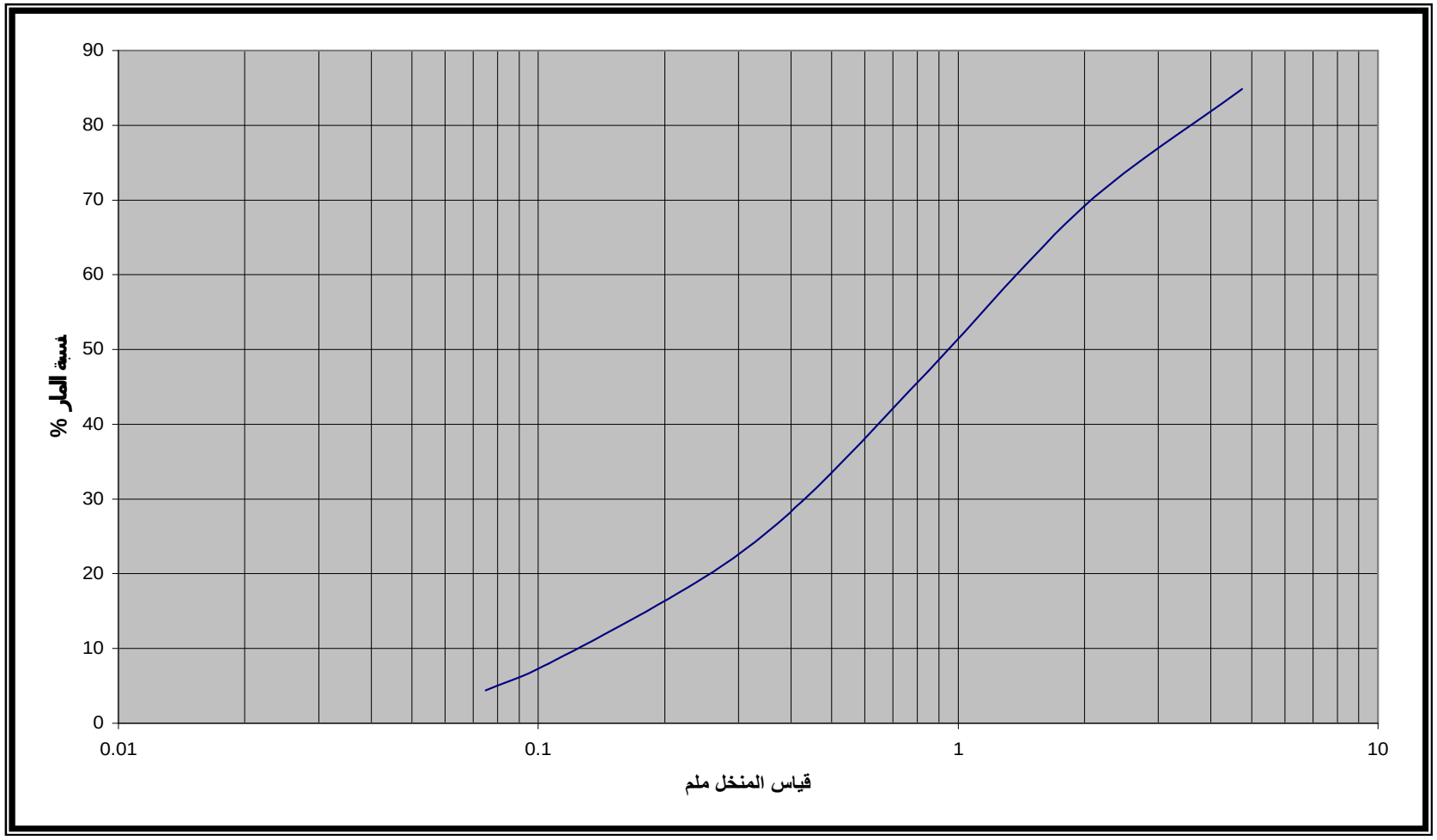
جدول رقم: (٦-١١).

CBR Results							
No. of Blows		10		30		65	
Moisture Content	%	19.6		19.8		20.3	
Dry Density	gm/cm^3	1.300		1.450		1.725	
Penetration	mm	2.5	5.1	2.5	5.1	2.5	5.1
Stress	Kg/cm^2	3.5	7.0	11.5	21.5	19.0	35.0
Corrected Stress	Kg/cm^2	3.5	7.0	11.5	21.5	19.0	35.0
Corrected CBR	%	5.0	6.7	16.4	20.5	27.0	33.3

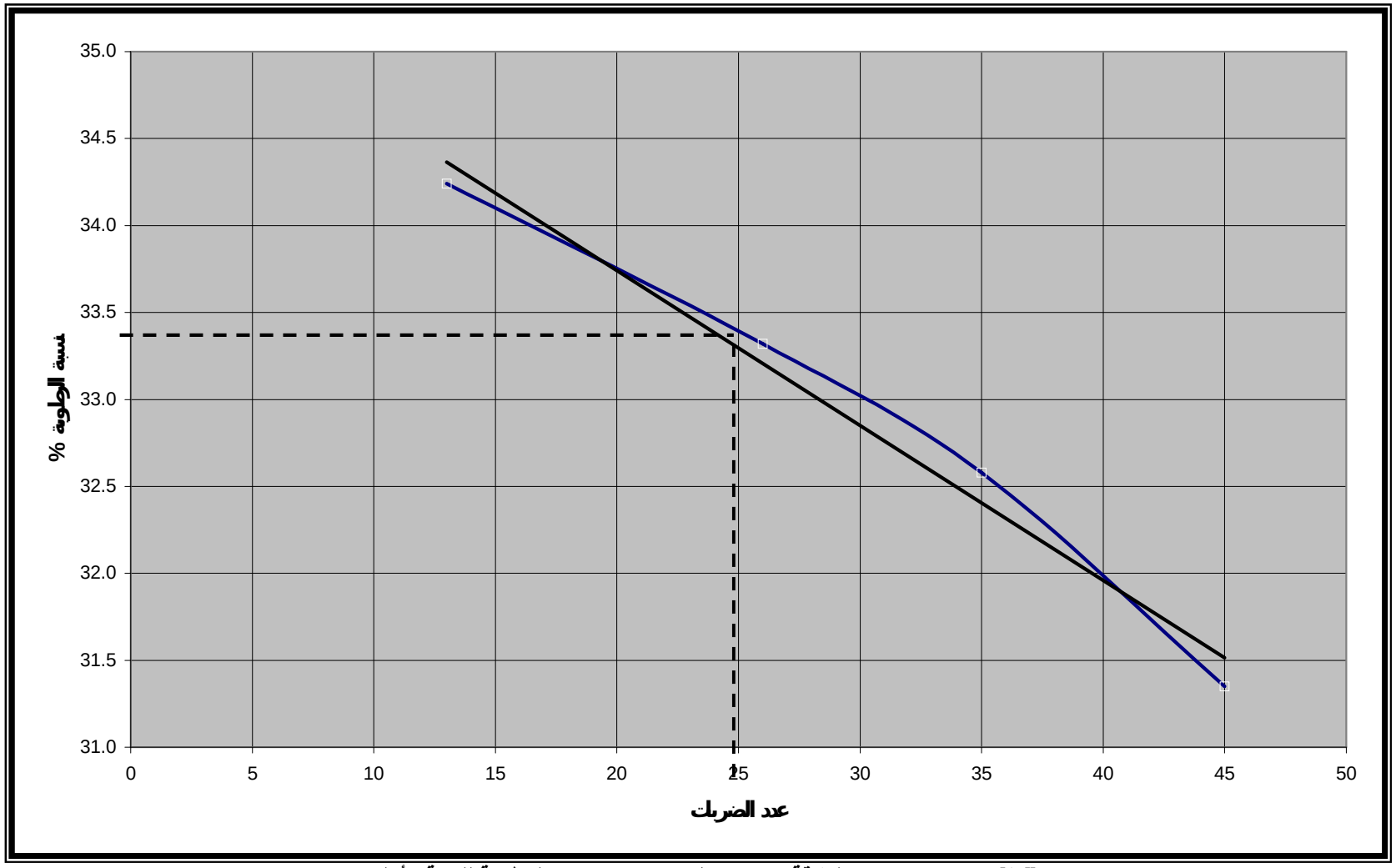
ويمثل الشكل رقم (٦-8-b) العلاقة بين SOAKED CBR & DRY DENSITY .



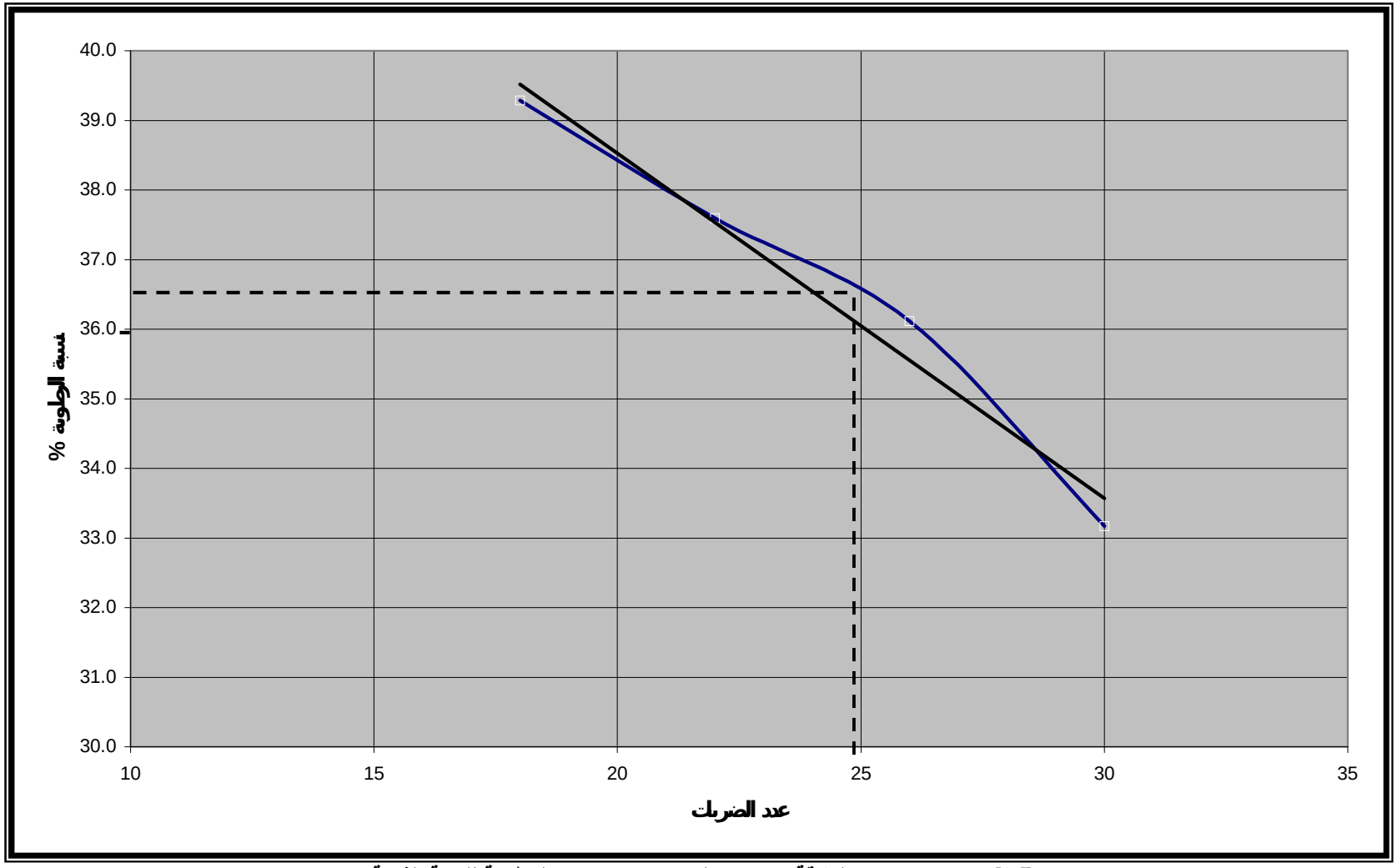
الشكل رقم (a-5-6): التدرج الحبيبي للعينة الأولى.



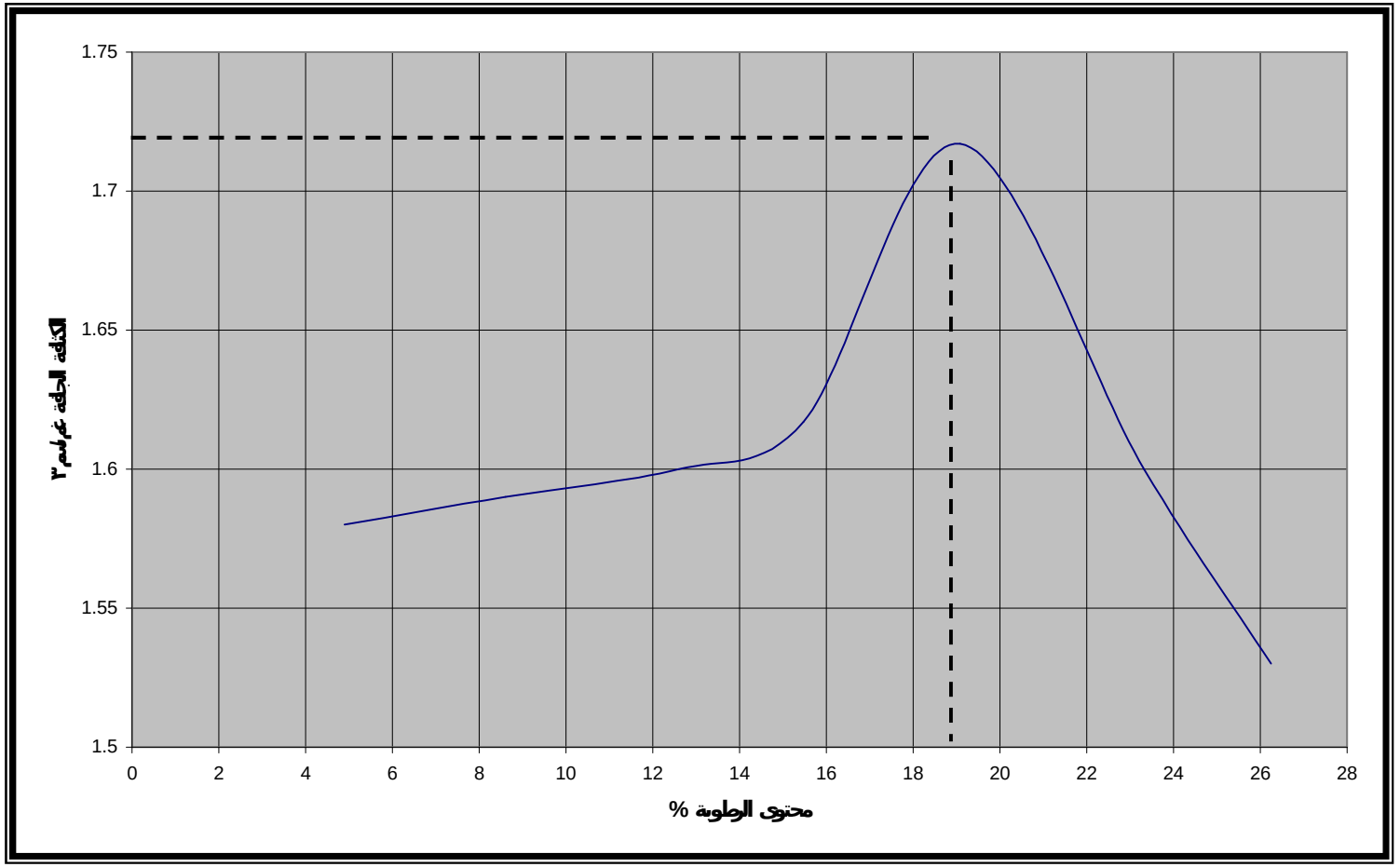
الشكل رقم (6-5-b): التدرج الحبيبي للعينة الثانية.



الشكل رقم (٦-٦-a): العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة للعينة الأولى.

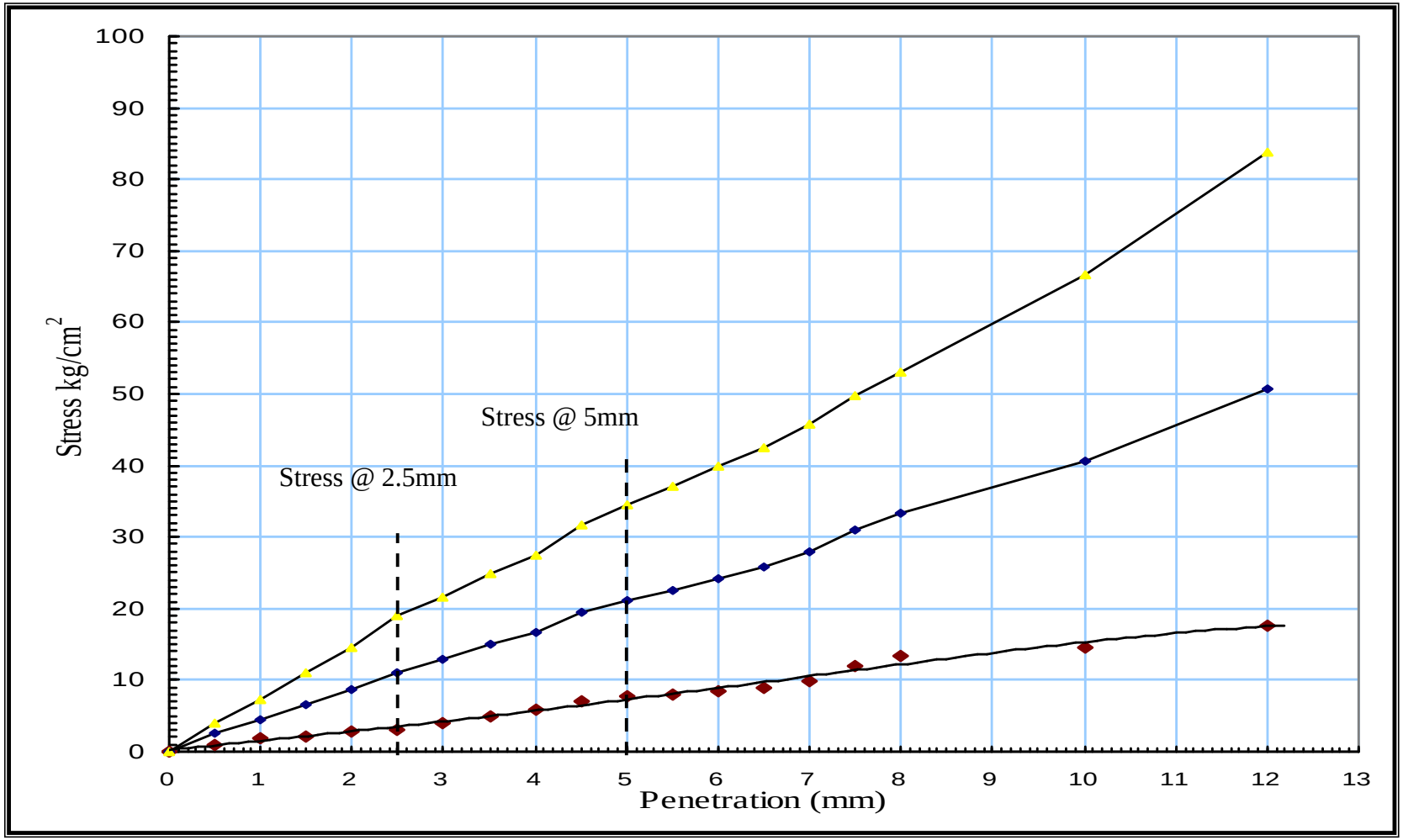


الشكل رقم (6-6-b):العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة للعينة الثانية.

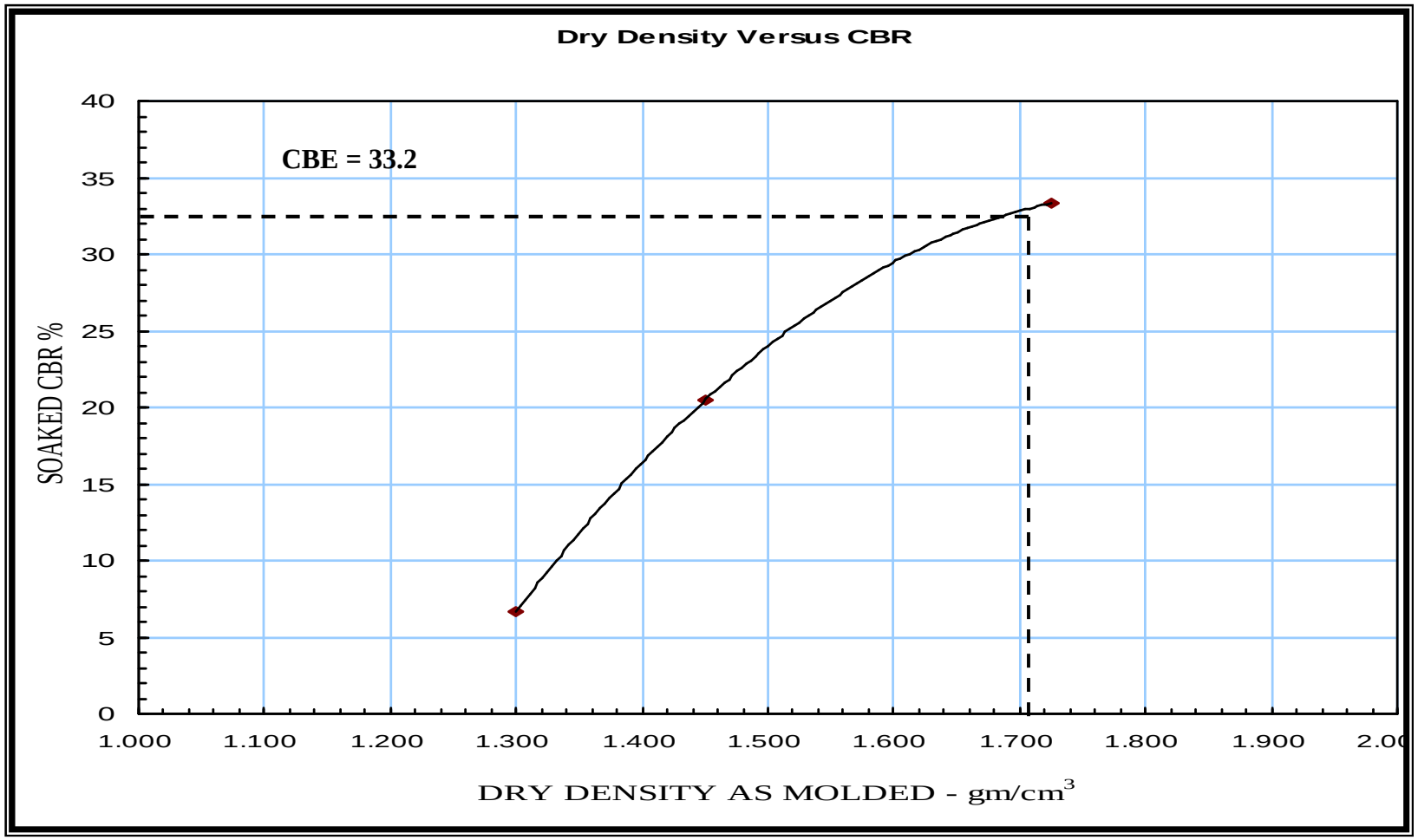


محتوى الرطوبة المثالي 19% الكثافة الجافة القصوى 1.72 غم/سم٣

الشكل (6-7): العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة.



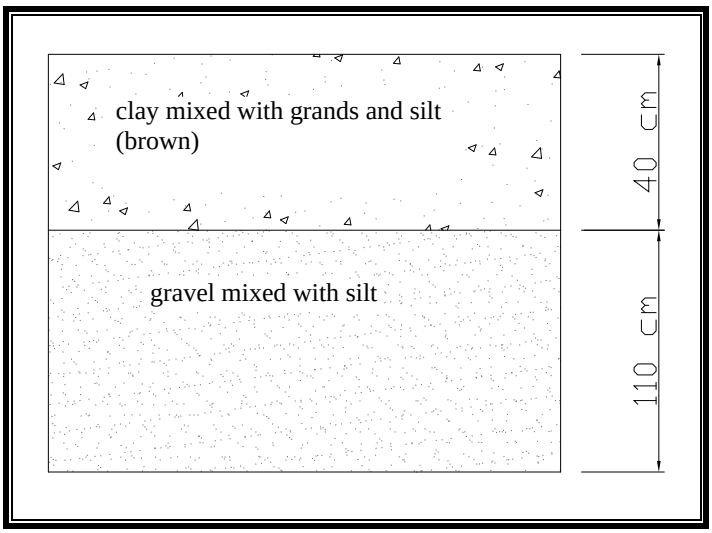
ويمثل الشكل رقم (a-8-6): العلاقة بين قيمة الغرز و الإجهاد.



الشكل رقم (b-8-6) : العلاقة بين DRY DENSITY & SOAKED CBR .

4-1-5-6 مناقشة النتائج والتحليل:

بعد الاستكشاف الموقعي تبين لنا أن تربة مقطع التربة يتكون من طبقتين، الطبقة الأولى على عمق (0-40cm) عبارة عن تربة طينية مع خليط من الحصى ، أما الثانية (40-110 cm) فهي عبارة عن صخر حوري .وبين الشكل رقم (6-10) ترتيب الطبقات .



الشكل رقم (6-10): ترتيب الطبقات.

بناء على النتائج المخبرية التي حصلنا عليها، وبالرجوع إلى (AASHTO) لتصنيف التربة تبين لنا ما يلي

نسبة المار من منخل رقم 200 = 3.64 (أقل من 35 %)

حد اللدونة (PL) =17.2

حد السيولة(LL) = 33.2 (أقل من 40)

مؤشر اللدونة(PI)= 16.2

معامل المجموعة =5.6 (أقل من 10)

يمكن تصنيف التربة إلى (A-2-6) (silty or clayey gravel and sand) ، وبناء على AASHTO يمكن اعتماد هذه الطبقة كطبقة (sup Base) ، قيمة CBR = 33.2

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

ملاحظة: اعتمدنا قيمة CBR للبيسكورس = ٤٠ دراسات سابقة .

٦-٦ التصميم الانشائي للطريق:

٦-٦-١ معامل الرجوعية Mr:

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

$$Mr = 1200 * CBR \quad \text{.....(٦-٩)}$$

$$Mr = 1200 * 33.2 = 39840$$

٦-٦-٢ الرقم الانشائي (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 لطبقات السطح والأساس وتحت الأساس ، وهو يمثل القدرة النسبية للمادة المستخدمة في كل طبقة من طبقات الرصف والتي تشارك في القوة.

٦-٧ خطوات التصميم :

٦-٧-١ معامل الثقة (Reliability):

٨٥% معامل ثقة يمكن اعتمادة بالاعتماد على AASHTO، وانحراف معياري (Standard Deviation) ٠.٤٩ .

٦-٧-٢ معامل التشغيل (Serviceability):

كما يبين الجدول التالي فإن قيمة PSI (average initial Serviceability) = ٢.٥، و terminal Serviceability =٢، ومنه

Serviceability factor = 4.5-2=2

جدول رقم (٦-12): Serviceability factors.

	Rigid	Fixable
initial Serviceability	٤.٢	٤.٥
terminal Serviceability	٢.٥	٢.٥
Design Serviceability Loss	١.٧	٢

٦-٧-٣ تحليل الاحمال :

عدد المركبات صغيرة =٣٥٦ مركبة / ١٠ساعات.

عدد المركبات المتوسطة =١١٩ مركبة / ١٠ساعات.

عدد الشاحنات B =٤٩ مركبة / ١٠ساعات.

عدد الشاحنات C =٤ مركبة / ١٠ساعات.

ومن الملاحظ أعلاه أن تعداد العربات خلال ١٠ساعات وحتى نتنبأ بها خلال ٢٤ساعة نضيف إليها ١٠٠%

وبالتالي يصبح لدينا المجموع كما يلي :

عدد المركبات صغيرة =٧٣٠ مركبة / ٢٤ساعة.

عدد المركبات المتوسطة =٢٣٨ مركبة / ٢٤ساعة.

عدد الشاحنات B =٩٨ مركبة / ٢٤ساعة.

عدد للشاحنات C =٨ مركبة / ٢٤ساعة.

Calculate ESAL:

$$from\ passenger\ cars = 730 * 2 * 10^{-5} = 0.015$$

$$from\ track\ car = 238 * 18 * 10^{-5} = 0.043$$

$$Track\ \% = \frac{TrackB + TrackC}{Total\ car} \quad .....(10-6)$$

$$Track\ \% = \frac{98+8}{8+98+238+730} = \frac{106}{1074} = 10\%$$

$$from\ tack\ B = 98 * 1.51 = 147.98$$

$$from\ tack\ C = 8 * 0.66 = 5.28$$

Were $2*10^{-5} - 18*10^{-5}$ ESAL conversion factor from AASHTO & $1.51 - 0.66$ ESAL conversion factor from table (١٣-6)

$$\sum ESAL = 0.015 + 0.043 + 147.98 + 5.28 = 153.3 / day$$

Select Gf = 4% For 20 year road then:

$$\rightarrow 153.3 * (1 + \frac{4*20}{100}) = 275.94$$

$$ESAL\ For\ 20\ year = 20_{year} * 365.25_{day} * 275.94 = 2015742 \quad car$$

We can multiply $ESAL_{20}$ by 1.3 as factor safety:

$$\sum ESAL = 2015742 * 1.3 = 2620465$$

جدول رقم (٦-13):ESAL Conversion Factor .

ESAL Conversion Factor				
Functional Classification	Rigid		Fixable	
	A	B	A	B
Ruler interstate	1.84	0.53	1.18	0.40
Ruler Principal Arterial	2.36	1.02	1.51	0.66
Ruler Miner Arterial	1.45	1.59	0.91	0.98
Urban interstate	2.22	0.78	1.41	0.56
Urban Expressway & Freeway	1.35	0.65	0.78	0.48
Urban Principal Arterial	1.6	0.71	0.94	0.43

٦-٧-٤ تحديد سمك طبقة الرصف :

الهدف من طريقة التصميم المستخدمة هو إيجاد طبقات رصف لها رقم إنشائي (SN) كافي لتحمل الأحمال التي يتعرض لها الطريق، ويوضح الشكل رقم (٦-٩) المنحنيات المستخدمة في تصميم الرصف المرن وقد تم الحصول عليها من طريقة اتحاد مسئولي النقل والطرق الأمريكي AASHTO .

ملاحظة: بعد إجراء كل من اختبارات التدرج الحبيبي والمحتوى المائي وحد السيولة وحد اللدونة وتجربة بروكتور بالاضافة إلى نسبة تحمل الكالفورنيا والمبينة نتائجها في الملاحق ،وكما تبين لنا أن قيمة CBR = ٣٣.٢ ومنه وبالاطلاع على الشكل رقم (٦-٩):

١. يتم تعيين٨٥% قيمة معامل الثقة(Reliability Factor) كما هو مبين في رقم (١).

٢. تعيين قيمة الانحراف المعياري (٠.٤٩) مبين في رقم (٢).

٣. نصل بخط مستقيم بين النقطة (٢) والقطة (١) إلى أن يتقاطع مع النقطة (٣).

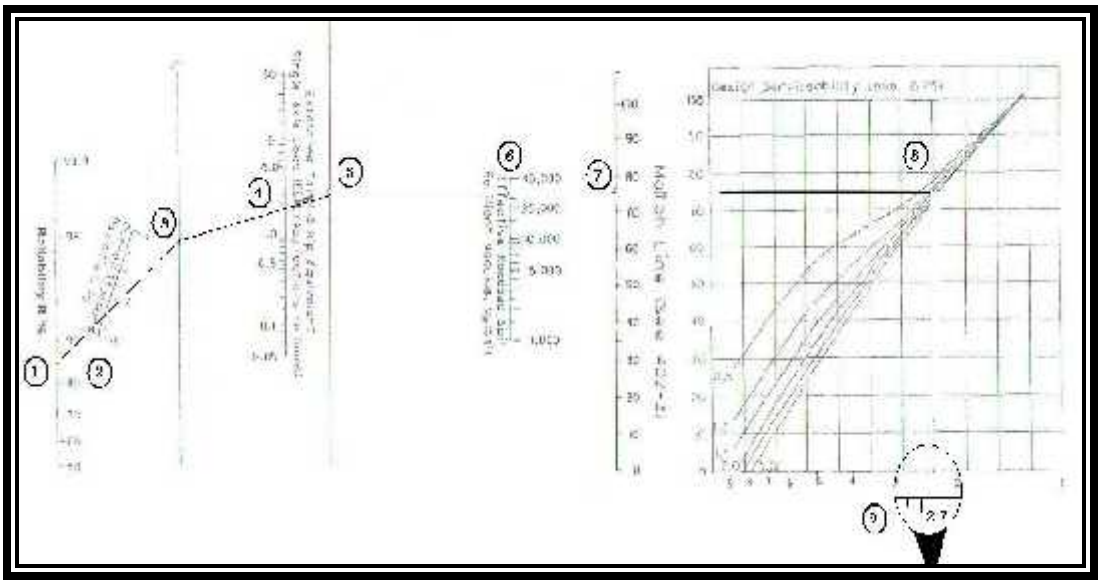
٤. نحدد قيمة (ESAL)=٢٦٢٠٤٦٥ على القطة رقم(٤) ومن القطة رقم (٣) مرورا بالقطة رقم (٤) نحدد القة رقم (٥).

٥. ومن قيمة ال(Mr) والتي تعادل ٣٩٨٤٠ نحدد القطة رقم (٦) .

٦. ومن القطة رقم(5) والقطة رقم (6) نصل بخط مستقيم نحدد فيه النقطة رقم (8) وهي عبارة عن نقطة الالتقاء بين الخط المستقيم والمنحنى الذي يمثل (Design Serviceability Loss) = ٢ ومنها نسقط خط بشكل عمودي ونحدد فيها قيمة (Sn) ومن الشكل = ٢.٧

SN2 = للتربة التأسيسيه = ٢.٧٠

SN1 = لطبقة الأساس = ١.٧٥



الشكل رقم (6-9): منحنيات تحديد Sn.

ومن ومن الجداول ((٦-١٤) (٦-١٥) (٦-١٦)) نحدد قيم (a1,a2,a3) لكل طبقة من الطبقات:

الجدول رقم(٦-١٤): معامل الطبقة الاسفلت.

Case of Pavement	a_1 suggested
Road mix (low stability)	0.20
Plant mix (high stability)	0.44
Sand Asphalt	0.40

الجدول رقم(٦-١٥): معامل الطبقة للبيسكورس.

Case of base course	a_2 suggested
sandy gravel	0.07
Crushed stone	0.14
Cement- treated (650psi or more)	0.23
Cement- treated (400-650psi)	0.20
Cement- treated (400psi or less)	0.15
Coarse- graded bituminous-treated	0.34
Sand asphalt	0.30
Lime -treated	0.15-0.30

الجدول رقم (6-16): معامل الطبقة لل Sub base.

Case of base course	a_3 suggested
Sandy gravel	0.11
Sandy clay	0.05-0.10

عند حساب قيمة ال(Sn1) للبيسكورس نجري نفس الطريقة ولكن نعوض قيمة CBR = ٤٠ درلسات سابقة وتتم بنفس الخطوات .

$$t_1 = \frac{Sn}{a_1} \quad \text{.....(11 – 6)}$$

$$t_1 = \frac{1.75}{0.44} = 3.98\,in = 10.1\,cm$$

Select $t_1 = 10\,cm$

$$t_2 = \frac{Sn_2 - (a_1 * Sn_1)}{a_2} \quad \text{.....(12 – 6)}$$

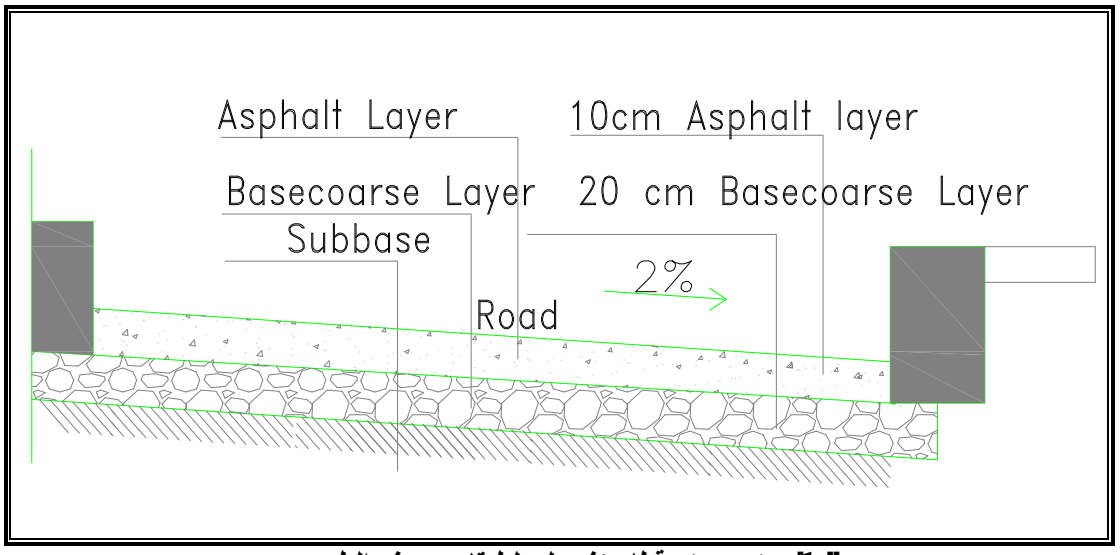
$$t_2 = \frac{2.7 - (0.44 * 3.98)}{0.14} = 6.783in = 17.21cm$$

Select D=٢٠cm

ولكن حسب مواصفات AASHTO كما هي مبينة في الجدول رقم (٦-١٧) تم اعتماد سمك الطبقات التالية:

الجدول رقم (٦-١٧):سمك الطبقات حسب مواصفات AASHTO.

الطبقة	السمك (سم)
Base corse	20
Asphalt	١٠



الشكل (٦-١١): قطاع تفصيلي لطبقات رصف الطريق

□٨□

الفصل الثامن

التقاطعات

الفصل الثامن

تصميم التقاطعات

٨-١ مقدمة :

التقاطع هو المنطقة التي يلتقي فيها أو يتقاطع فيها طريقان أو أكثر على نفس الارتفاع أو على ارتفاعات مختلفة، إن التقاطع منطقة خطيرة يلقي فيها السير القادم من عدة اتجاهات، لذلك يجب أن يؤدي التقاطع العمل على أحسن وجه مع المحافظة على سلامة المركبات والمشاة، كما يجب تسهيل الحركة للمركبات والمشاة على التقاطع وتخفيض وقت التأخير على التقاطعات، ولضمان ذلك لا بد من تصميم التقاطعات تصميما هندسيا في غاية الدقة.

٨-٢ أنواع التقاطعات:

حيث تقسم التقاطعات إلى ثلاث أنواع رئيسية وهي:

١- تقاطع في مستوى واحد ويشمل:
- تقاطع بسيط.
- تقاطع جرسي.
- تقاطع ذو قنوات.
- الدوار.

٢- تقاطع مفصول (معزول) بدون رمبات.

٣- تقاطع مفصول مع رمبات.

واختيار نوع التقاطع يعتمد على عدة عوامل منها:

- حجم السير على كل ذراع من اذرع التقاطع.
- نسبة هذه الحجوم إلى بعضها البعض.
- مكونات السير على التقاطع ونسبة الشاحنات فيها.
- أهمية الطرق المتقاطعة.
- نوع وطبيعة حركة السيارات على التقاطع ودورانها.
- مدى الرغبة في التحكم في حركة السيارات.
- حركة المشاة.
- طبوغرافية الأرض وثمن الأراضي
- النواحي الاقتصادية وتكاليف الإنشاء.
- الرغبة في تخفيف الحوادث.
- مسافة الرؤية المتوفرة. فان كانت المسافة محدودة فان ذلك يتطلب تقاطع يكتب عليه (قف) أو أعط حق الأولوية.
- المحاذاة الأفقية وزاوية التقاطع.

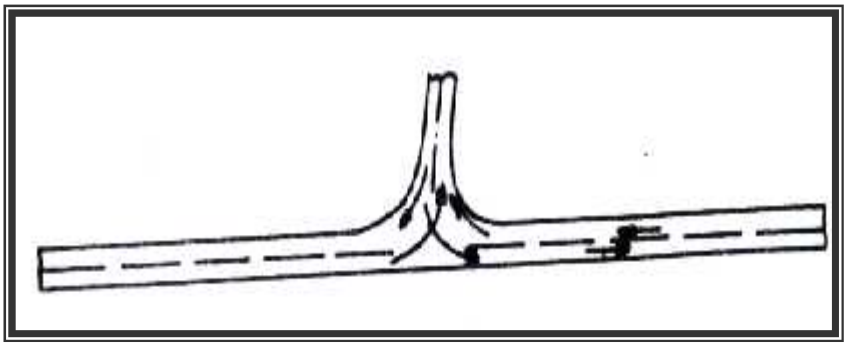
نظرا لأن الطريق التي نقوم بتصميمها لا تحتاج إلى تقاطع معزول، فسنكتفي بشرح التقاطع في مستوى واحد.

٨-٢-١ التقاطع العادي البسيط (simple intersection):

إن هذا النوع من التقاطع يستعمل في المناطق غير المزدحمة بالسير، لذلك لا يتم في هذا التقاطع فصل السير المتجه إلى اليمين عن السير المتجه إلى اليسار أو عن السير المتجه إلى الأمام.
وهذا النوع من التقاطع يكون بسيطا ورخيص التكاليف وغير معقد، حيث توضع بعض الخطوط التي تحدد الطريق، وإشارة (قف) لتوضيح أولوية السير على التقاطع الرئيسي.

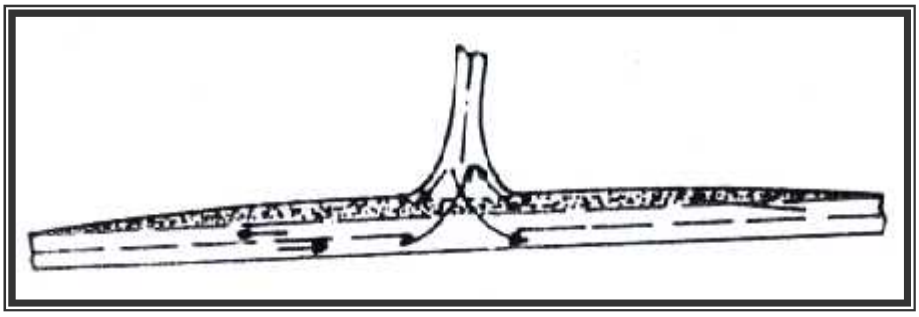
ويتم تطوير هذا النوع من التقاطعات حسب كثافة السير وأهمية التقاطع، والأمثلة التالية تبين التطورات التي أدخلت على بعض هذه التقاطعات:

١- الشكل البسيط جدا والذي تبقى فيه المسارب بعرض ثابت سواء في الطريق الرئيسي أو الفرعي كما هو مبين في الشكل(٨-١) ، وخطورة هذا النوع تكمن في إن السيارات ستضطر إلى تخفيف سرعتها كثيرا عند محاولة الدوران إلى اليمين **أو** اليسار وقد تتوقف كليا.



الشكل (٨-١): الشكل البسيط للتقاطع.

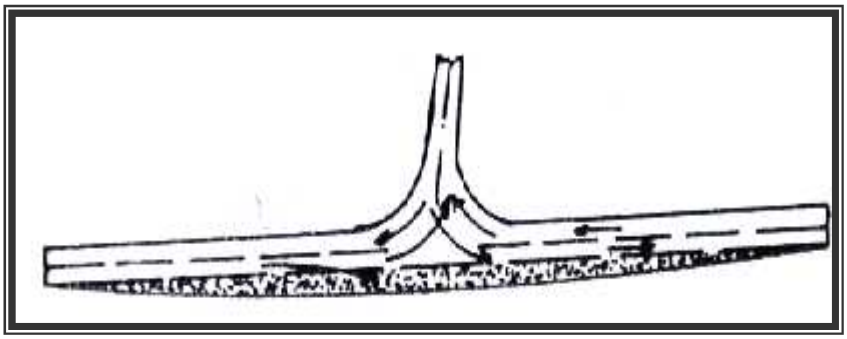
٢- تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع وذلك بإضافة مسرب يصلح للدخول وللخروج لمسافة تكفي لتباطؤ أو تسارع السير كما هو مبين في شكل (٨-٢). وهذا النوع يعطي حرية للسيارات التي تريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يمينية ولكنه لا يعطي حرية لمن يريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يسارية.



الشكل (٨-٢): تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع.

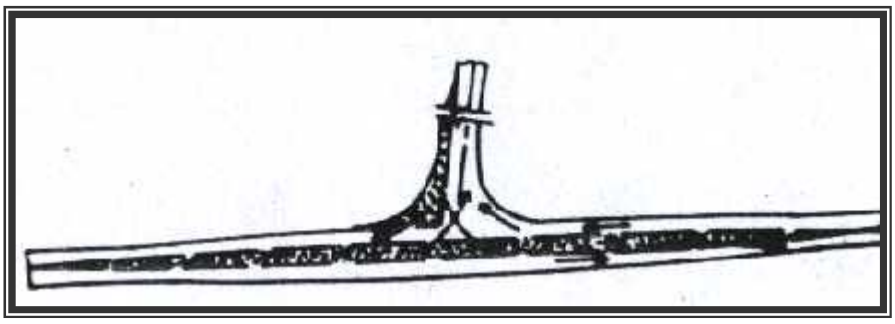
٣- في هذا النوع من التقاطع يكون المسرب الإضافي من الجهة المقابلة كما في شكل(٨-٣) ، وهذا **عكس** ما رأيناه في شكل (٨-٢) أي إن الحرية الآن أكثر للسير الذي يدور إلى اليسار وهذا يساعد

السير المستمر في تجنب الاصطدام بالسيارات التي تريد الانعطاف يسارا وبنفس الوقت يحمي السيارات التي تدخل وتخرج.



الشكل (٨-٣): تقاطع بسيط مع توسيع الطريق من الجهة المقابلة.

٤- في هذا النوع من التقاطع تتوسع الطريق لكي تصنع مسربا كاملا في الوسط من أجل المساعدة في الدخول والخروج وبدون إعاقة السير المستمر كما في الشكل (٨-٤).



الشكل (٨-٤): اضافة مسرب كامل على التقاطع.

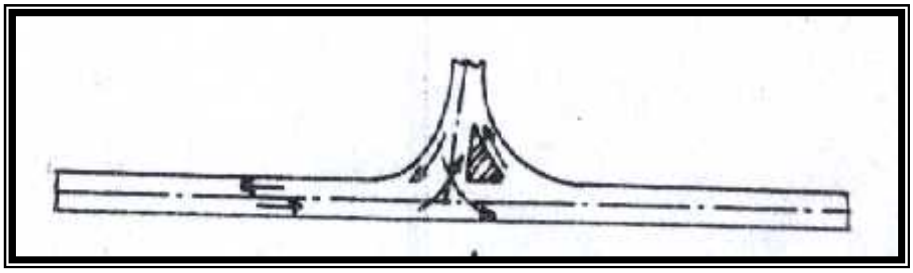
2-2-8 التقاطع الجرسي (Flared):

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

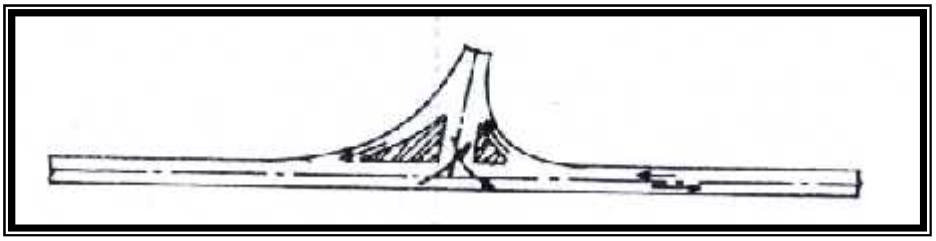
3-2-8 التقاطع ذو القنوات (Channelized):

يستخدم هذا النوع من التقاطع عندما تزداد حركة السير وتتعقد عند التقاطع وتصبح نقط التقاطع واسعة لاستيعاب هذا السير وتقل قدرة السائقين على التصرف الصحيح، حيث يتم توسيع التقاطع وتقسيمه إلى مسارب وقنوات بواسطة جزر تبنى، أو بواسطة خطوط ترسم أو حواجز تقام .

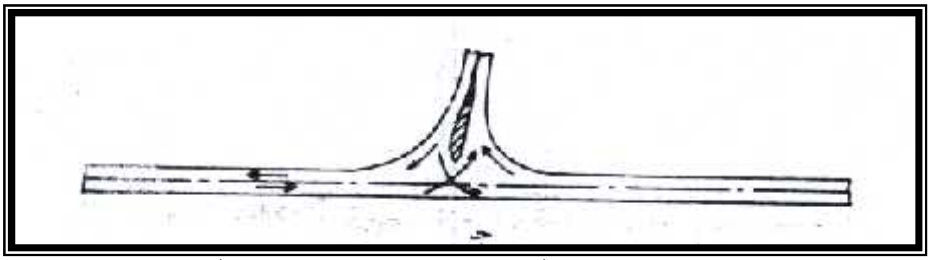
والأشكال من (٨-٥) إلى (٨-٨) تبين أشكالا متعددة لتقاطع ذو قنوات، والأسهم تشير إلى طبيعة الحركة، وهذه الأشكال مرتبة حسب الزيادة في حركة السير على التقاطع.



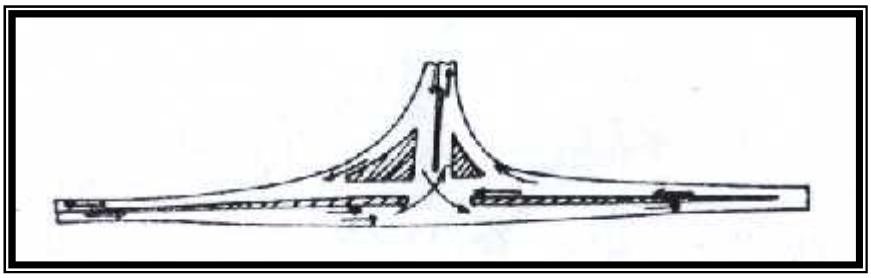
الشكل (٨-٥): انعطاف دورة واحدة.



الشكل (٨-٦): انعطاف مزدوج على التقاطع.



الشكل(٨-٧): انعطاف مع جزيرة تقسيم على التقاطع.



الشكل (٨-٨): انعطاف مع جزيرة دوران مزدوج على التقاطع.

3-8 فوائد القنوات في التقاطع:

للتقاطع ذو القنوات فوائد ومزايا متعددة منها:

- يفصل السير ذو الاتجاهات والسرعات المختلفة وينظم حركة السير ويحقق استعمالا مناسبا للتقاطع.
- يقلل من حيرة السائقين.
- يؤكد تفضيل حركة على أخرى، أي يعطي أولوية لاتجاه معين.
- يحدد لكل سائق اتجاهه ومسربه.
- يساعد السائق على تغيير اتجاهه بسهولة وأمان.
- توفير المساحة في المساحة المرصوفة من حيث تكاليف الإنشاء والصيانة لان الجزر تحل مساحة تكلف اقل.
- يقوم بحماية المشاة حيث يقوم هؤلاء بقطع الطريق على مراحل وذلك بالاستعانة بالجزر.
- تزداد سعة استيعاب الطريق وتقلل من التأخير.
- يمنع الحوادث حيث نضمن حماية للسائق أثناء قطع الطريق لأنه يستطيع القيام بذلك على مراحل.
- يحمي السيارات التي ستدور لليمين أو لليسار أثناء انتظارها.
- يمنع السائقين من القيام بحركات ممنوعة كالاتجاه إلى اليسار بعكس السير.
- تشكل القنوات خطوة أولية لوضع وسائل تنظيم التقاطع بإشارة ضوء حيث إن القنوات ضرورية عند وضع الإشارات الضوئية.
- الجزر مكان مناسب لوضع الإشارات واللوحات.

4-8 نقاط التصادم (Conflict points) :

تتكون نقاط التصادم في التقاطعات من حركة المرور على التقاطعات؛ حيث تقسم حركة المرور على التقاطعات إلى ثلاث حركات هي:

١- **الانفراج** : حيث ينفرج تيار المرور الأصلي إلى فروع مختلفة عند التقاطع ويكون الانفراج إما إلى اليمين أو إلى اليسار أو يكون مزدوجا **أو متعددا**.
٢- **الاندماج** : ويحدث الاندماج من اليمين أو من اليسار أو كليهما فيكون اندماجا مزدوجا أو من حركات متعددة فيكون اندماجا متعدد.
٣- **العبور** : وهو يشكل عبور العربات من الطرق الجانبية للطرق الرئيسية في مساحة التقاطع حيث تقطع هذه العربات تيار المرور الرئيسي لتغيره إما إلى اليمين أو إلى اليسار أو حسب شكل التقاطع فيكون **المرور مائل أو عكسي**.

يعتمد عدد نقاط التصادم في التقاطعات على نوع التقاطع، والرؤية المتوفرة على التقاطع، وحجم **المرور**.

للوصول إلى التصميم الهندسي المناسب والسليم للتقاطع يجب تقليل نقاط التصادم للوصول إلى الحد الأدنى إذا أمكن ذلك، ويتم تقليل نقاط التصادم بإحدى الوسائل التالية:

١- تقليل عدد الطرق التي تلتقي في نقطة واحدة.
٢- فصل السير في مستويات متعددة.
٣- تصميم التقاطع بإشارات ضوئية.

8-٥ أنصاف أقطار الدوران:

يوجد لكل نوع من أنواع التقاطعات مقادير مختلفة من **أنصاف الأقطار، والجدول** (٨-١) يوضح **نصف** قطر الدوران بالنسبة لنوع الطريق.

الجدول رقم (٨-١): نصف قطر الدوران بالنسبة لنوع الطريق

Position	R-Normal	R-Min
Garage Entrance	6.0	5.0
Local Streets	6.0	6.0
Collecting Roads	8.0	6.0
Major Roads (Urban)	١٠.٠	8.00
Major Roads(Rural)	20.0	10.0

□٩□

الفصل التاسع

الإنارة

الفصل التاسع

الإنارة

٩-١ مقدمة

تعتبر الإضاءة على الشوارع مهمة جدا حيث أنها تخفض من حوادث الطرق، كما تساعد الإضاءة الساثق على قيادة سيارته في الليل بنفس السرعة التي يقود بها نهارا ، مما يقلل من وقت الرحلة .

حيث أن التوفير في الوقت و التخفيض من الحوادث لها مردود اقتصادي، و الإضاءة مهمة ومفيدة للمشاة حيث تجنبهم الأخطار وتمكنهم من رؤية الطريق بوضوح بالإضافة إلى أنها ضرورية للنواحي الأمنية.

٩-٢ مواصفات الإضاءة:

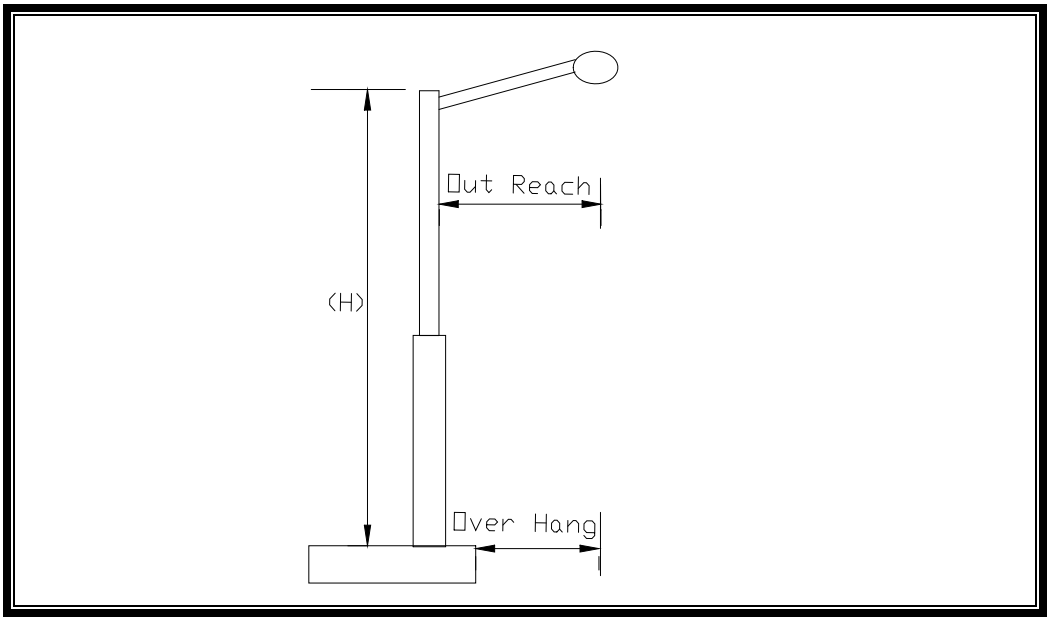
- الاهتمام بمكان أعمدة الإضاءة من حيث تثبيتها في الجزيرة الواقعة في وسط الطريق أو على الأرصفة فقط أو على الأرصفة والجزيرة معا.
- الاهتمام بأبعاد الأعمدة كارتفاعات وأطوال أذرعتها والمسافات بينها.
- الاهتمام بنوع المصابيح المستعملة حيث إن لكل نوع مزاياه ونواقصه، فبعض المصابيح يتأثر بالأمطار والرياح والضباب وبعضها يحتاج إلى صيانة مستمرة.
- دراسة نوع سطح الطريق ومدى مقدرته على عكس الإضاءة حيث إن نوع المصابيح وتوزيع الأعمدة وغير ذلك من الأمور تتأثر بنوع سطح الطريق ومقدرته على عكس الضوء.
- الاهتمام بتوزيع الإضاءة، حيث إن الإضاءة يجب أن توزع بانتظام لأن ذلك يقرر توزيع الأعمدة وأبعادها وقوة المصابيح.

٩-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة:

١. مصابيح التنجستن (Tungsten Filament).
٢. مصابيح الصوديوم (Sodium Vapour).
٣. مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent).
٤. المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) .

يجب التعرف على المفاهيم الأساسية المستخدمة في تصميم الإضاءة على الطريق وهي كما يلي:

١-المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود(.Out Reach)
٢- لمسافة بين مركز المصباح وطرف الرصيف الداخلي (Over Hang).
٣-المسافة بين العامود والعامود الذي يليه (Spacing) .
٤-ارتفاع العامود عن سطح الأرض(H).
كما هو موضح في الشكل (٩-١) .

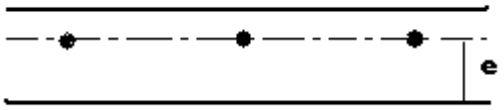


الشكل (٩-١): أعمدة الإضاءة على الطريق.

٩-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement):

يتم توزيع الإضاءة على الشوارع بعدة طرق منها:

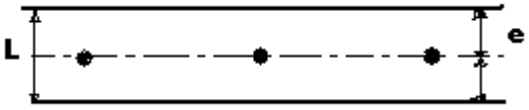
١- التوزيع على جهة واحدة (single side) **كما في شكل** (٩-٢) ، حيث يلجأ إلى هذا الترتيب إذا كان ارتفاع عمود الإنارة (**h**) اكبر من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع (**e**).



h > e

الشكل (٩-٢): توزيع أعمدة الإنارة في جهة واحدة.

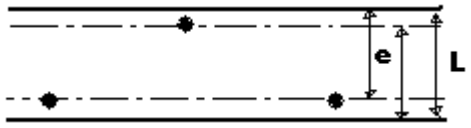
٢- توزيع الأعمدة في المنتصف (على جزيرة) (**central arrangement**) ، **كما في شكل** (٩-٣) ، حيث يلجأ لهذه الطريق إذا كان عرض الشارع (**L**) **اقل من طول العمود مرة ونصف**. وتم اعتماد هذا التوزيع من الانارات في هذا المشروع.



L < 1.5 h

الشكل (٩-٣): توزيع أعمدة الإنارة في المنتصف.

٣- توزيع الأعمدة بشكل ترنحي (**staggered arrangement**) **كما في شكل**(٩-٤) ، ويلجا لهذه الطريقة **إذا كانت h اقل من e، و L اقل من 1.5 h**.

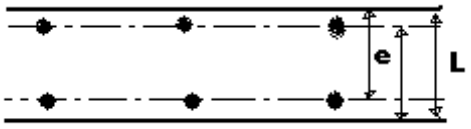


h < e

L < 1.5h

الشكل (٩-٤): توزيع أعمدة الإنارة بشكل ترنجي.

٤- توزيع الإنارة بشكل متقابل (**opposite arrangement**) كما في شكل (٩-٥) ، ويستخدم هذا الترتيب عندما يكون **L** اكبر من **h** مرة ونصف، أو h اكبر نصف **L**.



L > 1.5 h

h > L / 2

الشكل (٩-٥): ترتيب أعمدة الإنارة بشكل تقابلي.

٩- ٥ ارتفاع أعمدة الإنارة:

يختلف ارتفاع أعمدة الإنارة حسب عرض الطريق، نوعية المصابيح المستخدمة، حسب سطح الطريق، والمنطقة المحيطة بالأعمدة، وعادة يستخدم ارتفاع أعمدة الإنارة ٧.٥، ١٠، و١٢ متر والمسافة عن مركز المصباح إلى جانب الطريق (overhangs) ١.٥، ٢، ٢.٥ متر على الترتيب.
وتم اعتماد ارتفاع العمود 7.62 m في هذا المشروع على اعتبار أن الشارع يتكون من مسربين وعرض المسرب 3.5m.

٩-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة:

تختلف المسافة بين الأعمدة حسب ارتفاع العمود وعرض الطرق، وعادة تؤخذ من ٣ الى ٤ أضعاف ارتفاع العمود.

كما أن المسافة على التقاطعات تقل عن المسافة في الطريق الرئيسي وعادة تكون نصف المسافة المستخدمة.
ويوضح الجدول (٩-١) التالي العلاقة بين المسافة بين **الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود.**

الجدول(٩-١) العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطريق .

Group	Mounting Height H m	Effective Width, W m										Max Overhang A m
		7.62	9.14	10.69	12.19	13.72	15.24	16.76	18.29	19.81	21.34	
		Maximum spacing , S m										
A1	7.26	30.5	25.36	21.3	18.3	16.8						1.82
	9.14	36.6	36.6	30.5	27.4	24.4	21.3	19.8				2.29
	10.69	42.7	42.7	42.7	38.1	33.5	30.5	27.4	24.4	22.9		2.59
	12.19	48.8	48.8	48.8	48.8	42.7	39.6	35.1	32.0	30.5	27.4	2.90
A2	7.62	33.5	30.5	25.9	22.9	19.8						1.82
	9.14	39.6	39.6	38.1	33.5	29.0	25.9	24.4				2.29
	10.69	47.2	47.2	47.2	45.7	39.6	36.6	33.5	30.5	27.4		2.59
	12.19	53.3	53.3	53.3	53.3	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5	2.90
A3	7.62	36.6	36.6	32.0	27.4	24.4						1.82
	9.14	44.2	44.2	44.2	39.6	35.1	32.0	29.0				2.29
	10.69	51.8	51.8	51.8	51.8	47.2	42.7	39.6	36.6	33.5		2.59
	12.19	57.9	57.9	57.9	57.9	57.9	56.4	51.8	47.2	42.7	39.6	2.90

حيث:

A1 : الإنارة للشوارع الرئيسية ذات المرور الكثيف (Heavy traffic) .

A2: الإنارة للشوارع الرئيسية ذات المرور الطبيعي (Normal traffic) والتي يمر بها عربات كبيرة.

A3 : الإنارة للشوارع ذات المرور المتوسط مثل الطرق الريفية الرئيسية (main rural roads) ، **أو** (minor urban roads).

وتم أخذ المسافات بين الإنارات حسب المواصفات **الموضحة في الجدول السابق** (٩-١) **على اعتبار** أن الطريق في منطقة A2 وهي ذات مرور طبيعي والتي ممكن أن يمر بها عربات كبيرة في المستقبل.وهي موضحة باللوحات المرفقة في نهاية المشروع.

□١٠□

الفصل العاشر

علامات المرور

الفصل العاشر

علامات وإشارات المرور

١٠-١ مقدمة :

يشمل علم الطرق هندسة الطرق وهندسة المرور، وعند تصميم الطرق وإنشائها وفتحها للسيارات، لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لتضمن حسن الأداء و لتمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشأت من أجله الطريق، وعلم المرور يتطرق إلى أمور عدة كالاتجاهات والمسارب والانعطاف إلى اليمين أو اليسار والمسافات والوقوف وغير ذلك.

١٠-٢ علامات المرور (Traffic Marking)

١٠-٢-١ أهداف علامات المرور:

علامات المرور على الطريق عبارة عن خطوط متقطعة أو متصلة، مفردة أو مزدوجة، بيضاء أو صفراء أو سوداء وقد تكون أسهما أو كتابة (كلمات). وهناك عدة أهداف لهذه العلامات هي :

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

١٠-٢-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات:

إن علامات المرور تنتظم حركة السير للسائق والماشي وتنقل التعليمات لهم ، هذا ويراعى في هذه العلامات مايلي :

١- أن تكون صالحة للرؤية في الليل و النهار وواضحة في كافة الأوقات و الظروف.

٢- أن يكون فيها توافق وتناسب في الألوان.

٣- أن تكون تعليماتها سهلة الفهم و مرئية من مسافة كافية.

١٠-٢-٣ أنواع علامات المرور:

١- الخطوط:

وهي إما متصلة أو متقطعة، أما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب و فصل السير في الاتجاهين، **و أما المتصلة** فتستعمل لفصل السير و منع التجاوز في آن واحد ، **و تكون بعرض** 10سم.

فإذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب، يوضع خطان بحيث يكون الخط المتصل من جهة السير الذاهب ، و المتقطع من جهة السير **القادم**. وإذا كان التجاوز خطرا على السير الذاهب والقادم معا يصبح **الخطان متصلان**.

توضع بعض الخطوط العريضة عند ممرات المشاة، كما توضع خطوط صفراء متقطعة في المناطق التي يحظر فيها على السيارات المرور فوقها حيث تقوم هذه الخطوط **مقام الجزر**.

٢- الكلمات:

تكتب بعض الكلمات على سطح الطريق خاصة عند التقاطعات مثل كلمة قف أو اتجه يمينا، **أو** يسارا، أعط الأولوية، وغير ذلك .

يجب أن تكون الكلمات كبيرة وواضحة ليتسنى قراءتها، ويجب أن لا تزيد عن كلمة أو كلمتين، **وأن تكون** الأحرف **مناسبة لموقع السائق**.

٣- الأسهم:

تستعمل الأسهم لتحديد الاتجاهات أو مع الكلمات كسهم يتجه إلى اليمين مع كلمة إلى اليمين ، **وممكن** أن تستعمل بدلا من الكلمات .

٤- اللون:

يستخدم اللون الأبيض في الخطوط التي تقسم المسارب، واللون الأصفر لتحديد الجزر ومواقف السيارات، ويجب توافق لون الخط مع أرضية الطريق.

5- المواد العاكسة:

تساعد هذه المواد على انعكاس الضوء خاصة في أيام الضباب حيث يوضع مع الدهان بلورات زجاجية خاصة، تستخدم بعض أنواع الحصمة خاصة على الأكتاف لإظهار لون مخالف للون مسرب الطريق.

١٠-٣ الاشارات:

تستخدم الاشارات لتوصيل المعلومات **للسائق أو الماشي**، وهي عبارة عن لوحات رسم عليها كلمات أو أسهم أو الاثنان معا، و تكون هذه المعلومات واضحة و تناسب حالة السير ونوع الطريق.

١٠-٣-١ أنواع الاشارات:

تقسم إلى أربعة أنواع رئيسية ولكل نوع من هذه الأنواع شكل خاص متعارف عليه حتى يسهل فهمه من قبل السائق وهذه الأنواع هي:

١-اشارات التحذير: مثل إشارة انحدار حاد أو منعطف خطر ويكون شكلها مثلث والجدول التالي يبين هذه الاشارات.

جدول رقم: (10-1) بعض إشارات التحذير ومدلولاتها.

إشارات التحذير	مدلول الإشارة
	مفترق تقاطع طرق.
	مفترق تفرع طرق إلى اليسار.
	مفترق تفرع طرق إلى اليمين.
	مفترق تفرع طرق أمامك (تفرع T).
	مفترقات تفرع نحو اليسار ومن ثم نحو اليمين.
	انعطاف حاد نحو اليسار.
	انعطاف حاد نحو اليمين.
	أمامك ممر عبور للمشاة.
	أولاد بالقرب من المكان.

٢-إشارات الأوامر: مثل قف، خفف السرعة وشكلها مستديرة.

سرعة خاصة. لا يجوز السير بسرعة تزيد عن السرعة المحددة.

٣-اشارات المنع: مثل ممنوع المرور وشكلها أيضا مستديرة.

مغلق أمام جميع **الوسائل**

٤- اشارات التعليمات(التوجيه): كمكان وقوف، استراحة، وتكون مربعة أو مستطيلة.

والجدول التالي يوضح بعض اشارات المرور.

جدول رقم (10-2): بعض اشارات الإرشاد ومدلولاتها.

إشارات الإرشاد	مدلول الإشارة
	ممنوع الانعطاف نحو اليسار.
	ممنوع الانعطاف نحو اليمين.
	ممنوع الانعطاف نحو اليمين بقصد السفر نحو الجهة المضادة.
	ممنوع الانعطاف نحو اليسار بقصد السفر نحو الجهة المضادة.

	قف! أعطي حق الأولوية لحركة السير على الطريق المقابلة.
	قف! (إشارة طرق متقلة).

١٠-٣-٢ مواصفات الاشارات:

لا بد من توفر مواصفات خاصة للإشارات حتى تحقق الهدف المنشود منها, فالإشارة يجب أن تكون واضحة الرؤية للسائق وتشد انتباهه قبل مسافة طويلة تزيد عن المسافة اللازمة لرؤية الكتابة, وأيضا يجب أن تكون الكتابة واضحة ومفهومة للسائق من مسافة طويلة كافية حتى يتصرف طبقا للإشارة بدون أن ينصرف انتباهه عن الطريق، وحتى يتحقق ذلك فإنه لا بد من الانتباة إلى الأمور التالية في الإشارة وهي:

١- **أبعاد الإشارة**: كلما كانت الإشارة أكبر ضمن حدود معقولة كلما تحسنت الرؤية للسائق.
٢- **تباين الألوان في الإشارة**: تباين اللون في الإشارة ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها ويتحقق هذا التباين باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعان مختلف.
٣- **الشكل**: يجب أن تكون الإشارة ذات شكل منتظم وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من أجله.
٤- **الكتابة** : رؤية الكتابة تتأثر بعدة عوامل هي نوع الكتابة , **حجم الأحرف ،سماكة الخط** , وعرض الهامش والفسحات بين الكلمات والأسطر .

١٠-٣-٣ موقع الإشارة:

لا بد أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دون أن تضطره إلى صرف انتباهه عن الطريق، ويجب أن توضع الإشارة قبل مسافة كافية من المكان الذي تشير إليه ، وأن تتناسب هذه المسافة مع سرعة السيارة.

فإذا كانت الإشارة تدل على وجود مفترق طرق مثلا فإنه يجب وضع الإشارة قبل مسافة كافية من المفترق لكي تمكن السائق من التخفيف من سرعته تمهيدا للدخول في الطريق الفرعية، والجدول التالي يعطي فكرة عن المسافة اللازمة للسائق ليرى الإشارة ويتصرف حسب تعليماتها.

جدول رقم (10-3): المسافة بين الإشارة و التقاطع.

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

□11□

الفصل الحادي عشر

النتائج والتوصيات

الفصل الحادي عشر

النتائج والتوصيات

بعد الإنتهاء من تجهيز المشروع لابد من الإشارة إلى بعض النتائج والتوصيات المقترحة:-

١١-١ التوصيات:-

١. لابد من وضع مواصفات فلسطينية محلية للطرق.
٢. طرح مساقات إضافية لتخصص (هندسة المساحة والجيوماتكس) في الجامعة تتعلق بالتصميم الإنشائي للطرق.
٣. إعادة تأهيل شبكة الكهرباء والهاتف وتمديدات شبكات الصرف الصحي للطريق.
٤. طرح مشاريع الطرق في الجامعة بشكل مشترك بين تخصصي (هندسة المساحة) و(هندسة المباني).
٥. التنسيق بين جامعة بوليتكنك فلسطين ومؤسسات المجتمع المدني من مجالس بلدية وقروية وغيرها لدراسة مشاريع تهم المجتمع الفلسطيني.
٦. ضرورة توفير الاجهزه اللازمة لاخذ عينات التربة من الموقع .

١١-٢ النتائج:-

١. مسار الطريق الحالي لا يتوافق مع متطلبات التصميم السليم بسبب عشوائية البناء.
٢. أهمية الطريق موضوع البحث ، كونه الطريق الوحيد المباشر الرابط بين بين أبو كتيلة وعين دير بحا.
٣. يجب عمل صيانة دورية للطرق.
٤. يجب أن تكون فترة تعداد المركبات وذلك لحساب عدد المسارب اللازمة فترة كافية لإعطاء نتائج أفضل.
٥. الإهتمام بالتنفيذ الدقيق للمشاريع.

□٧□

الفصل السابع

كميات الحفر والردم

الفصل السابع

كميات الحفر والردم

٧-١ مقدمة:

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

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

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

٧-٢ حساب مساحات المقاطع العرضية:

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاثة طرق رئيسية:

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

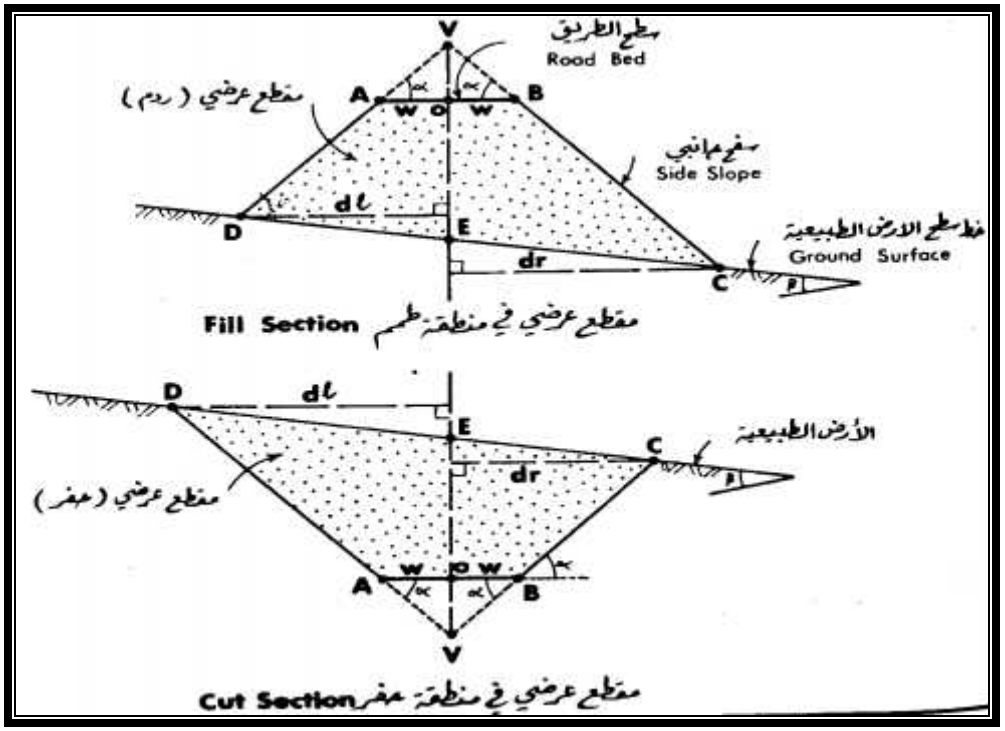
أولا: الطريقة الحسابية:

يجب التمييز هنا بين عدة حالات مختلفة وهي:

١- الحالة التي يكون فيها ميل الأرض منتظما:

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

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



الشكل (٧-١): مقطع عرضي في منطقة حفر ومنطقة ردم.

حيث:

$\sim$ = زاوية ميل جوانب الطريق.

d_l = ارتفاع المثلث VDE.

d_r = ارتفاع المثلث VCE.

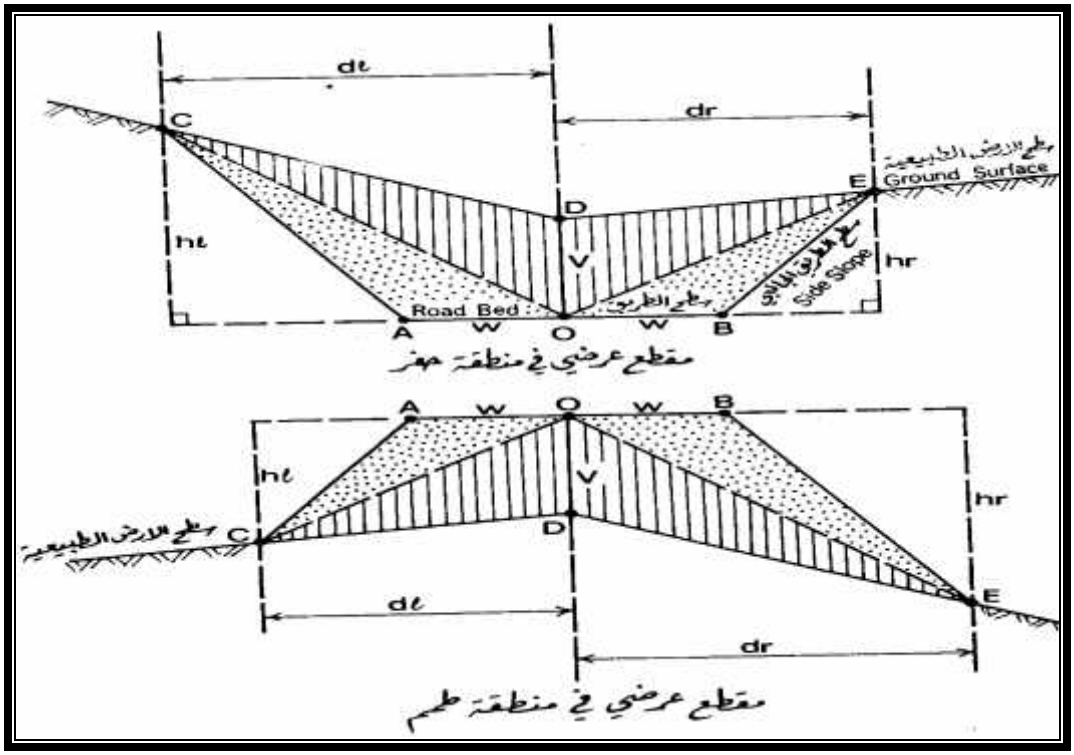
w = نصف عرض الطريق.

$v = OE$ = ارتفاع الحفر أو الردم من نقطة وسط الطريق.

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

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

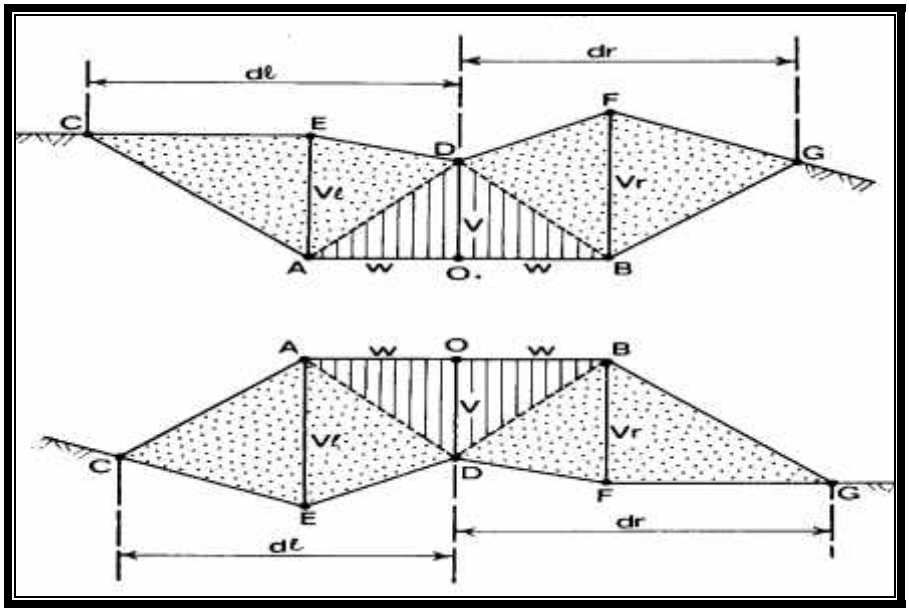
$$Area = \frac{w}{2}(h_l + h_r) + \frac{v}{2}(d_l + d_r)$$



الشكل (٧-٢): مقطع عرضي من ثلاث نقاط.

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

$$Area = \frac{2w.v + v_l.d_l + v_r.d_r}{2}$$



الشكل (٧-٣): مقطع عرضي من خمس نقاط.

حيث:

w = نصف عرض الطريق.

v = عمق الحفر أو الردم عند منتصف الطريق.

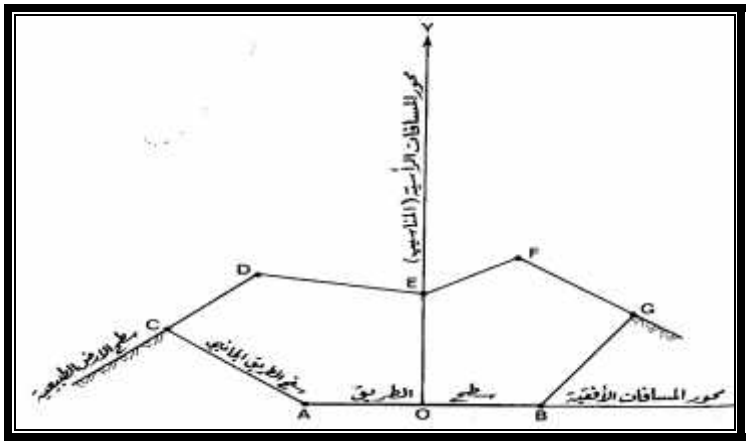
v_l = عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيسر لطرف الطريق.

v_r = عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيمن لطرف الطريق.

ثانيا:- طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية:

من الشائع تطبيق طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية وذلك باعتبارها مضلعات مغلقة

على سبيل المثال لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في **الشكل** (٧-٤):



الشكل (٧-٤): حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.

نختار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة O حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات يمثل مناسيب القطع (أي أعماق الحفر و الردم) و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط (C,D,E,F,G) و بمعرفة عرض الطريق AB الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع العرضي .

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

الجدول (٧-١): حساب المساحة بطريقة الإحداثيات.

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

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

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

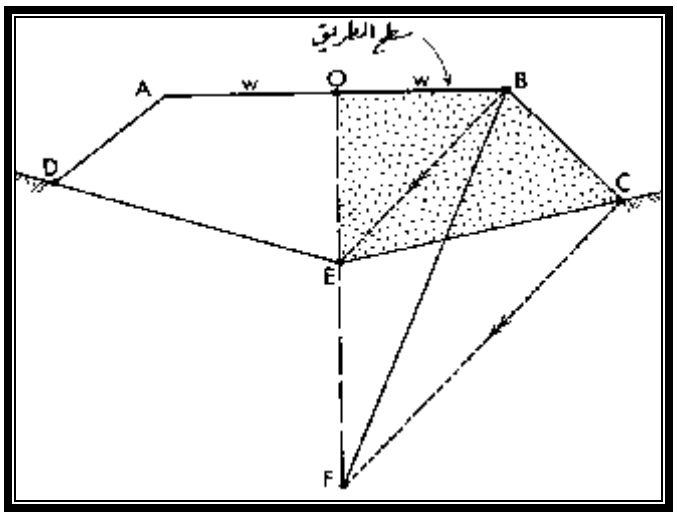
لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{|\sum 1 - \sum 2|}{2}$$

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

ثالثا:- الطرق التخطيطية في حساب مساحات المقاطع العرضية :

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



الشكل (٧-٥): حساب المساحة بطريقة تخطيطية.

٧-٣ حساب الحجوم:

يلزم في كثير من مشاريع الهندسة المدنية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية والمطارات وأقنية الري والسدود وأعمال العمران وتمديدات الماء والكهرباء والمجاري . . . الخ معرفة كميات الخرسانة وأحجام الحفريات والردميات المطلوبة للوصول إلى منسوب معين، وفي مجالات الهندسة الزراعية والجيولوجية والهيدرولوجية والتعدينية كثيرا ما يحتاج المهندسون المختصون إلى حساب الكميات من أنواع مختلفة بالاستناد إلى المخططات أو الخرائط أو جداول المناسيب والإحداثيات، هناك بالطبع عدة طرق رياضية تمكن من حساب الحجوم المطلوبة ولكنها على درجة متفاوتة من الدقة خصوصا إذا كان الحجم المطلوب حسابه واقعا ضمن شكل هندسي غير منتظم. إن عملية الحساب هذه تتطلب عملا ميدانيا وآخر مكتبيا، أما العمل الميداني فيشتمل على قياس أبعاد الجسم المعتبر ودق أوتاد أو علامات مناسبة في مواقع محددة من هذا الجسم، وأما العمل المكتبي فقد يشتمل على حساب الحجوم من الأبعاد المقيسة وتخطيط أفضل الطرق لتنفيذ العمل.

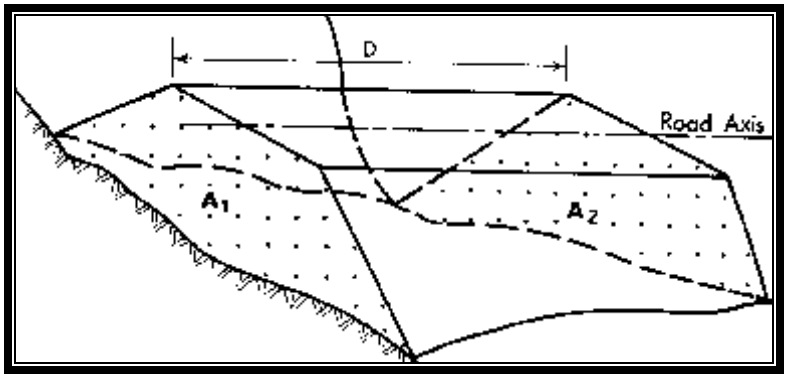
في أحيان كثيرة يمكن اللجوء إلى الصور والمخططات والخرائط المتوفرة لحساب الحجوم المطلوبة دون الحاجة إلى أعمال ميدانية معتبرة.

٧-٤ الطرق الشائعة في حساب الحجوم:

أولا: حساب الحجوم بطريقة المقطع الوسطي:

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

$$V = \left(\frac{A1 + A2}{D} \right)$$



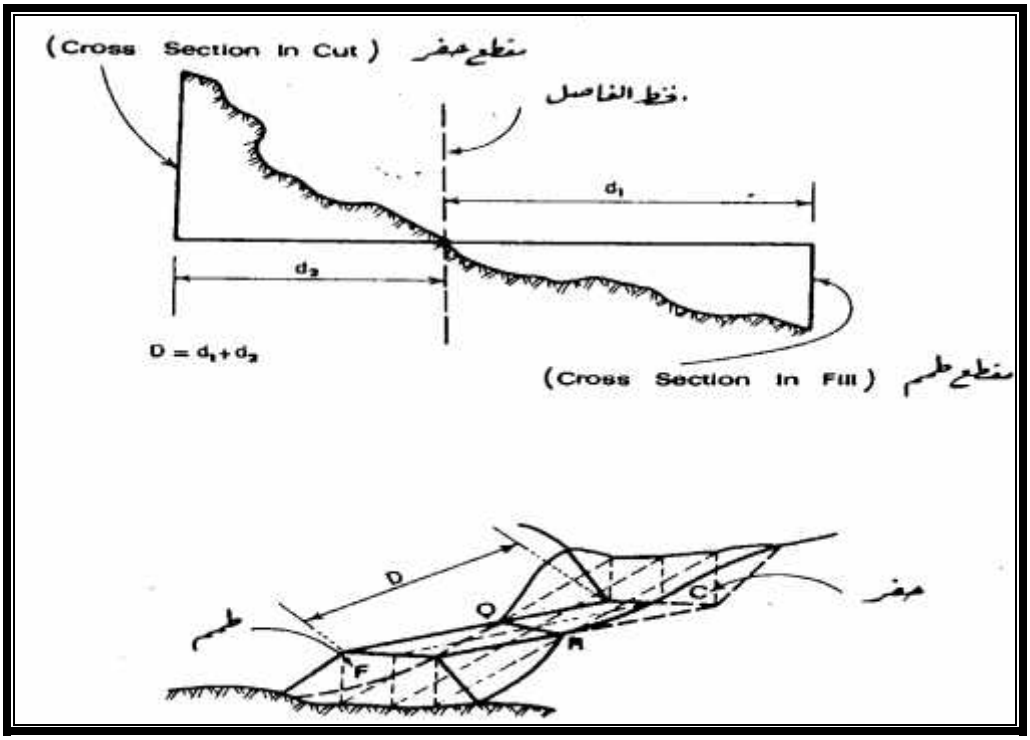
الشكل (٧-٦): مقطعان في مضلع مستقيم.

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

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

ملاحظات:

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



الشكل (٧-٧): مقطع طم و مقطع حفر.

$$V_{fill} = \frac{1}{2}\left(\frac{F^2}{F+C}\right)(D)$$

$$V_{cut} = \frac{1}{2}\left(\frac{C^2}{F+C}\right)(D)$$

حيث:

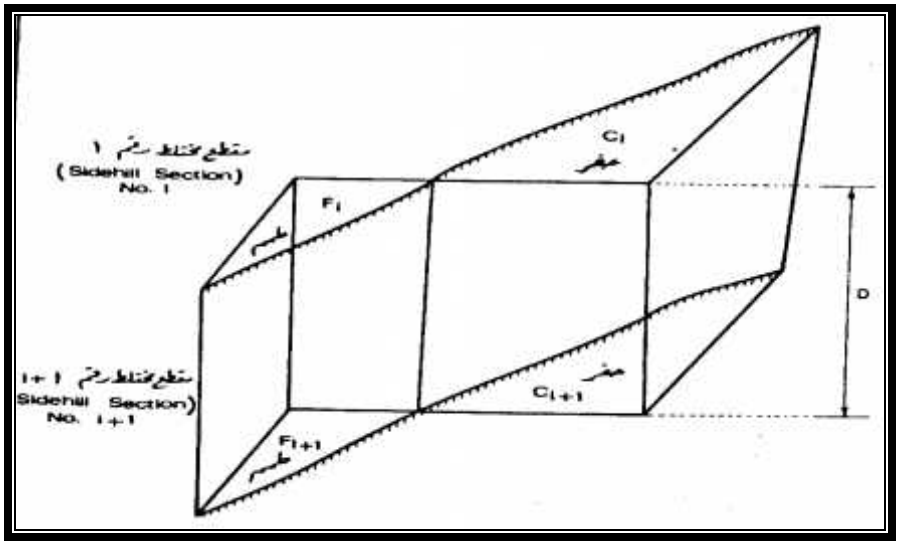
D= المسافة الفاصلة بين المقطعين.

F= مساحة مقطع الردم.

C= مساحة مقطع الحفر.

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

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

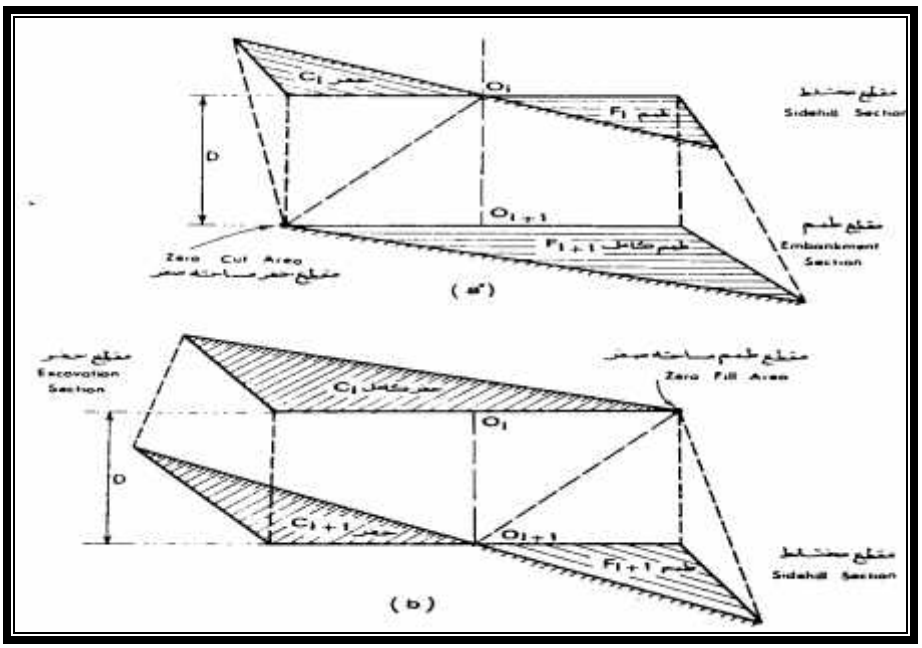


الشكل (٧-٨): مقطعان مختلطان.

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

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

إذا كان أحد المقطعين مختلطا والآخر ردما شكل (٧-٩)، نطبق العلاقات التالية:



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

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

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

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

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

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

ثانيا:حساب الحجوم بطريقة قانون الموشور.

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

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

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

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

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

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

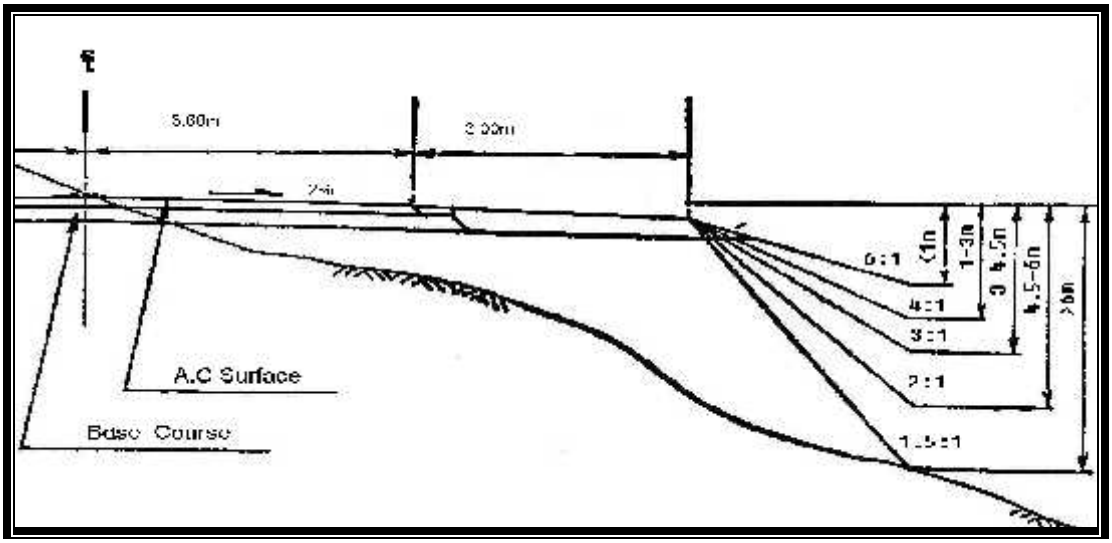
٣- يجب الربط بين دقة طريقة المقطع الوسطي ودقة قياس مناسيب المقاطع العرضية الداخلة في الحساب. كذلك يجب أخذ تكاليف الأعمال الترابية بعين الاعتبار عند قبول أو رفض هذه الطريقة.

٧-٥ طريقة العمل:

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

- رسم المقاطع العرضية بواسطة استخدام برنامج (Auto Desk) بمعلومية مناسيب النقاط المكونة للمقطع العرضي.

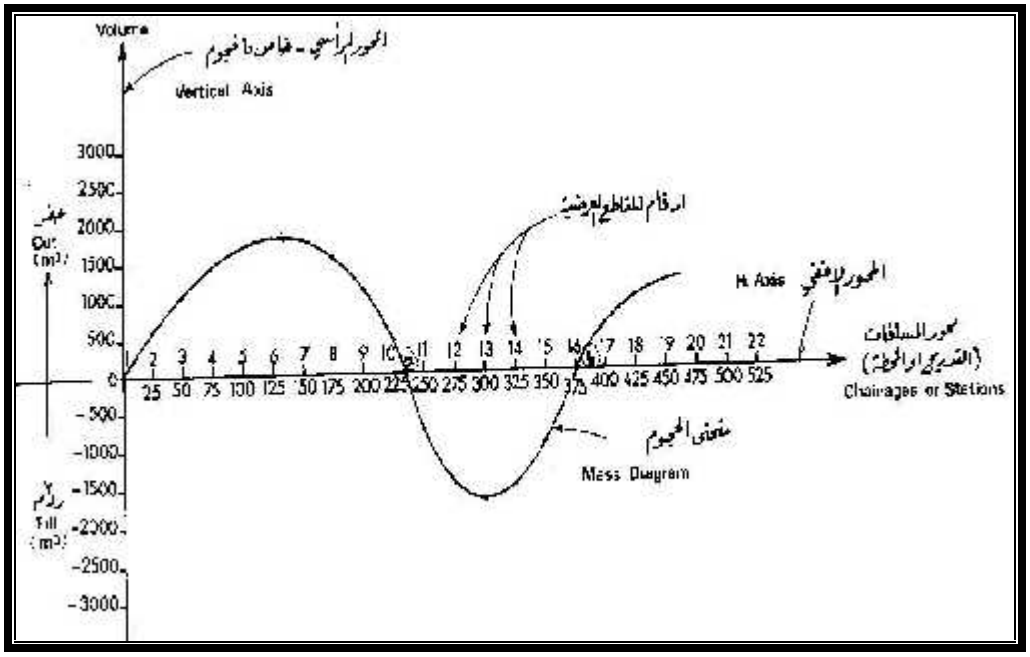
- حساب مساحة كل مقطع عرضي وبيان مساحة كل من الحفر والردم في المقاطع المختلطة باستخدام برنامج (Auto Desk).
- بالنسبة لحساب الحجوم تم حساب كميات الحفر والردم عن طريق معادلات الحفر والردم لبعض المقاطع وكانت قريبة من تلك التي ظهرت في برنامج (Auto Desk).
- بالنسبة لمقدار الميول الجانبية في حالة الردم تم الاعتماد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



الشكل (٧- ١٠): مقدار الميول الجانبية.

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

منحنى الحجوم هو عبارة عن تمثيل بياني لكميات الحفر والردم اللازمة لمشروع ما, لعمل هذا المنحنى نرسم خطا أفقيا مستقيما ونحدد عليه بمقياس مناسب مواقع المناطق العرضية المتتالية والمتباعدة عن بعضها بمسافات معلومة مبتدئين بالمقطع الخاص بنقطة بداية المشروع، عند كل نقطة ممثلة لموقع مقطع عرضي معين على محور السينات. نقيم عمودا بطول يمثل – وفق مقياس رسم معين – المجموع الجبري لكميات الحفر والردم حتى ذلك المقطع وذلك على أساس أن الحفر يعتبر موجبا والردم سالبا (أو مجموع الحفر – مجموع الردم حتى ذلك المقطع). والشكل (٧-١١) يبين مثال لمنحنى الحجوم:



الشكل (٧-١١): مثال لمنحنى الحجوم.

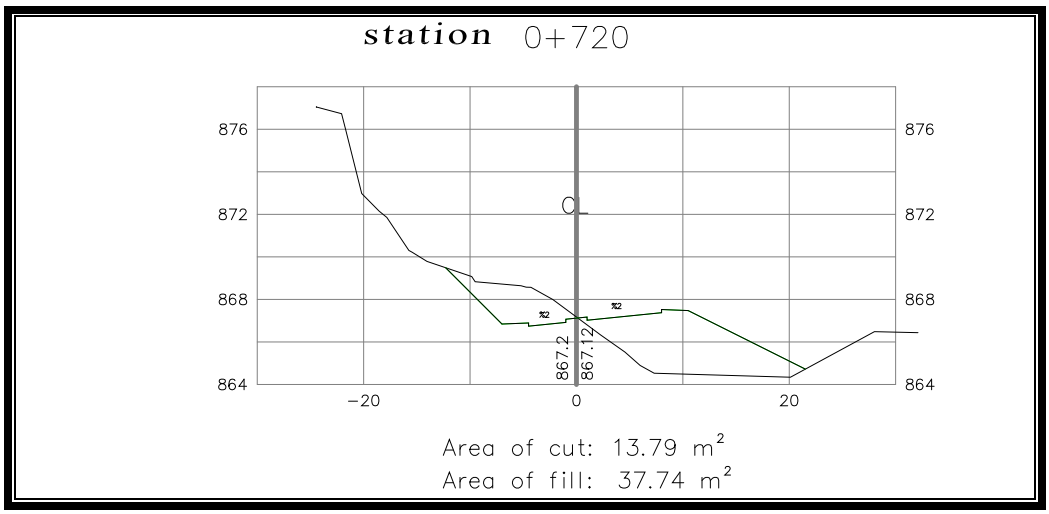
٧-٧ خواص منحنى الحجوم:

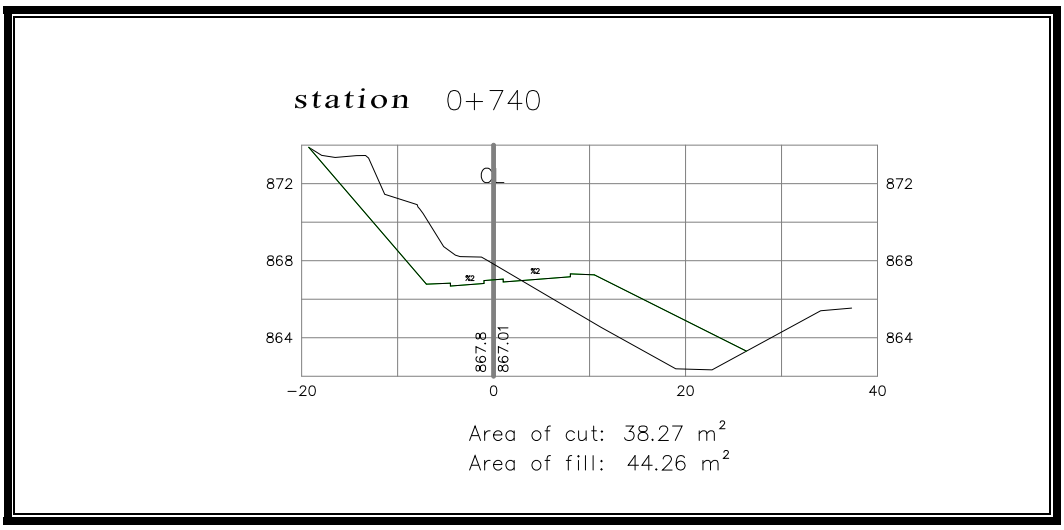
- **الميل** الموجب للمنحنى يدل على تزايد كميات الحفر أو تناقص كميات الردم والميل السالب يدل على تزايد كميات الردم أو تناقص كميات الحفر.
- عندما نصل إلى أعلى نقطة من المنحنى تتوقف كميات الحفر عن التزايد وتبدأ كميات الردم بالتزايد.
- قيمة الاحداثي الصادي عند أي نقطة من المنحنى تمثل مقدار الفرق بين كميات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

كمية الأتربة المحفورة = **الحجم المحسوب للحفر** * 1.2
كمية الأتربة اللازمة **للردم** = **الحجم المحسوب للردم** * 1.1.

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

مثال يوضح عملية ايجاد كمية الردم والحفر لمقطعين مختلطين متتاليين:





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

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

$$\frac{1}{2} = (34.74+44.26)(20)$$

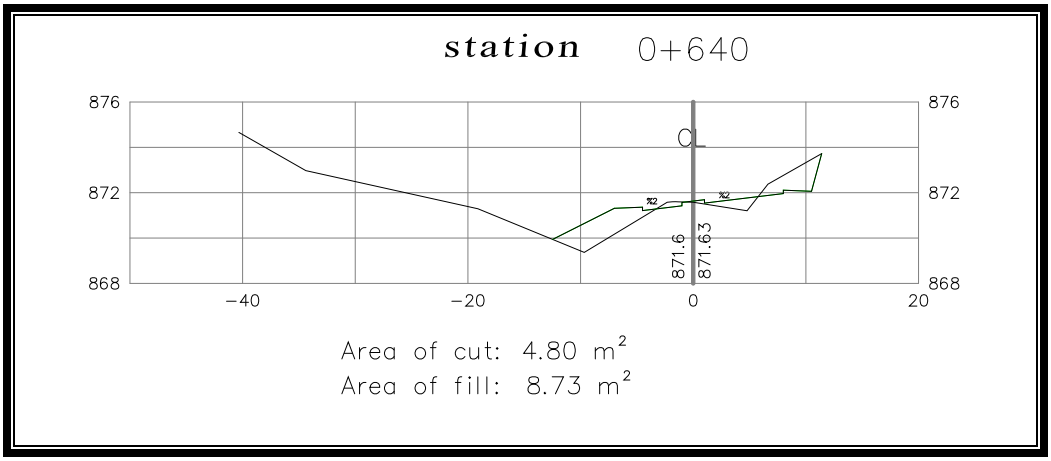
$$= 820.00 \text{ m}^3.$$

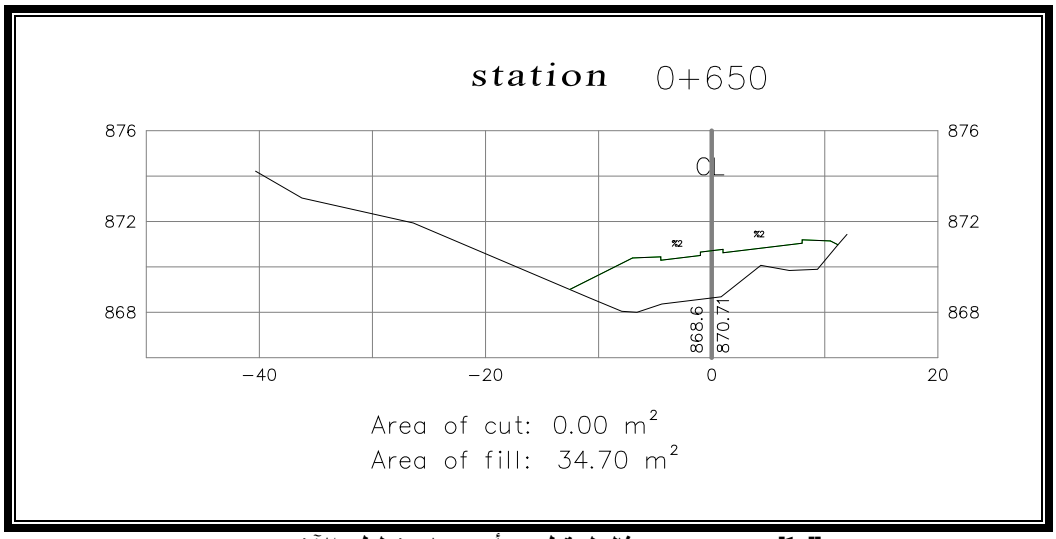
$$V_{cut} = \frac{1}{2}(C_i + C_{i+1})(D)$$

$$(13.79+38.27)(20) = \frac{1}{2}$$

$$=513.2 \text{ m}^3.$$

مثال مقطعان احدهما مختلط والآخر إما حفر أو ردم:





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

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

$$= (4.8)(10) \quad \frac{1}{3}$$

$$=16 \text{ m}^3.$$

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

$$(8.73+34.7)(10) = \frac{1}{2}$$

$$=217.15 \text{ m}^3.$$

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

Station	Area Cut (m^2)	Area Fill (m^2)	Volumes Cut (m^3)	Volumes Fill (m^3)	Cumulative Volumes Cut (m^3)	Cumulative Volume Fill (m^3)
0+000	4.62	0.00	292.48	12.27	292.48	12.27
0+020	27.9	1.84	516.98	12.27	809.46	24.54
0+040	23.85	0.00	327.38	8.92	1136.84	33.46
0+060	9.89	1.34	153.33	50.95	1290.17	84.41
0+079.16	6.25	4.25	5.11	3.73	1295.28	88.14
0+080	5.98	4.67	40.85	69.22	1336.13	157.36
0+090	2.5	9.31	15.53	159.98	1351.66	317.34
0+100	0.83	22.84	3.97	310.82	1355.63	628.16
0+110	0.11	37.02	12.89	340.63	1368.52	968.79
0+120	3.38	27.16	57.64	270.89	1426.16	1239.68
0+130	9.53	22.91	31.80	77.81	1457.96	1317.49
0+133.16	12.38	22.00	75.48	162.11	1533.44	1479.60
0+139.16	15.10	27.44	13.90	20.95	1547.34	1500.55
0+140	15.39	27.30	177.19	253.92	1724.53	1754.47
0+150	17.49	27.71	237.84	247.04	1962.37	2001.51
0+160	27.80	24.78	260.11	197.68	2222.48	2199.19
0+170	22.03	16.75	263.34	135.54	2485.82	2334.73
0+180	29.03	11.23	290.19	99.47	2776.01	2434.20
0+190	28.05	8.97	100.47	26.71	2876.48	2460.91
0+193.16	35.54	8.01	225.02	47.15	3101.50	2508.06
0+200	30.29	5.83	511.10	84.60	3612.60	2592.66
0+215.66	35.05	4.99				

Station	Area Cut (m^2)	Area Fill (m^2)	Volumes Cut (m^3)	Volumes Fill (m^3)	Cumulative Volumes Cut(m^3)	Cumulative Volume Fill (m^3)
·+220	34.95	4.98	152.64	21.54	3765.24	2614.20
0+230	27.81	5.82	318.45	52.73	4083.69	2666.93
0+240	24.25	6.93	266.88	60.54	4350.57	2727.47
0+250	24.01	7.68	249.14	67.48	4599.71	2794.95
0+260	21.91	10.64	240.06	82.43	4839.77	2877.38
0+269.66	18.50	6.11	207.14	70.41	5046.91	2947.79
0+270	18.23	5.95	6.75	1.79	5053.66	2949.58
0+274.28	16.29	4.55	79.91	19.41	5133.57	2968.99
0+280	9.81	3.64	68.40	26.31	5201.97	2995.30
0+290	1.01	3.86	45.21	40.66	5247.18	3035.96
0+300	1.15	2.59	10.38	33.59	5258.01	3069.55
0+310	3.55	1.83	22.65	22.79	5280.66	3092.34
0+320	1.78	1.30	26.35	15.87	5307.01	3108.21
0+328.28	2.01	2.65	15.72	16.09	5322.73	3124.30
0+340	63.93	4.83	301.81	43.20	5624.54	3167.50
0+360	140.68	0.52	1996.28	46.26	7620.82	3213.76
0+380	80.50	0.00	937.85	3.46	8558.67	3217.22
0+400	64.24	0.00	1447.40	0.00	10006.07	3217.22
0+420	63.24	0.00	1274.80	0.00	11280.87	3217.22
0+440	61.71	0.00	411.38	0.00	11692.25	3217.22
0+456.82	64.22	0.00	1059.29	0.00	12751.54	3217.22
0+460	63.28	0.00	202.19	0.00	12953.73	3217.22

Station	Area Cut (m^2)	Area Fill (m^2)	Volumes Cut (m^3)	Volumes Fill (m^3)	Cumulative Volumes Cut (m^3)	Cumulative Volume Fill (m^3)
0+470	65.50	0.00	639.15	0.00	13592.88	3217.22
0+480	61.70	4.54	622.89	15.32	14215.77	3232.54
0+490	47.63	12.30	522.92	83.47	14738.69	3316.01
0+500	38.39	14.50	401.67	138.50	15140.36	3454.15
0+510	33.69	22.09	329.54	189.58	15469.90	3644.09
0+512.37	32.27	27.83	70.49	62.00	15540.39	3706.09
0+520	31.25	30.08	264.37	209.22	15804.76	3915.31
0+530	19.53	21.86	270.71	248.38	16075.47	4163.69
0+540	8.24	21.79	143.20	211.95	16218.67	4375.64
0+550	7.29	47.89	80.64	331.80	16299.31	4707.44
0+560	12.81	35.6	101.02	409.72	16400.33	5117.16
0+567.91	5.08	19.98	68.80	215.81	16469.13	5332.97
0+580	8.05	18.93	78.73	235.16	16547.86	5568.13
0+600	21.03	9.8	280.60	282.25	16828.46	5850.38
0+613.37	19.57	0.00	271.31	43.65	17099.77	5894.03
0+620	17.03	0.17	126.59	0.36	17226.36	5894.39
0+630	12.10	6.82	152.55	25.40	17378.91	5919.79
0+640	4.80	8.73	86.66	73.68	17465.57	5993.47
0+650	0.00	34.7	16.49	196.83	17482.06	6190.3
0+660	0.00	31.3	0.00	382.66	17482.06	6518.96
0+670	0.00	25.47	0.00	289.32	17482.06	6808.28
0+680	0.66	23.27	2.16	253.76	17484.22	7062.04

Station	Area Cut (m^2)	Area Fill (m^2)	Volumes Cut (m^3)	Volumes Fill (m^3)	Cumulative Volumes Cut (m^3)	Cumulative Volume Fill (m^3)
0+٦٩٠	2.08	40.7	12.48	328.45	17469.7	7390.49
0+700	4.80	34.36	31.76	389.62	17528.46	7780.11
0+704.37	6.33	33.91	23.03	156.53	17551.49	7936.64
0+720	13.79	37.74	153.48	559.56	17704.97	8496.2
0+740	38.27	44.26	500.23	819.14	18205.2	9315.34
0+760	38.44	3.34	767.31	269.35	18972.51	9584.69
0+780	44.92	0.00	832.78	22.29	19805.29	9606.98
0+800	57.69	4.3	1023.41	28.67	20828.70	9635.65
0+820	66.57	2.47	1241.52	66.87	22070.22	9702.52
0+840	55.26	13.65	1216.55	146.22	23286.77	9848.74
0+860	34.56	25.44	890.09	384.91	24176.86	10233.65
0+863.03	16.93	23.1	67.52	73.60	24253.38	10307.25
0+870	17.53	17.33	106.76	158.31	24360.14	10465.56
0+880	36.56	17.77	240.22	197.86	24600.36	10663.42
0+890	26.37	22.98	287.2	224.81	24887.56	10888.23
0+900	36.68	16.31	280.73	214.39	25168.29	11102.62
0+904.71	39.47	11.15	175.35	70.99	25343.64	11173..61
0+920	49.70	0.00	680.29	56.81	26023.93	11230.42
0+933.69	58.04	9.95	736.58	45.41	26760.51	11275.83
0+940	61.62	11.15	427.35	54.38	27187.86	11330.21
0+950	35.37	5.89	532.43	67.6	27720.29	11397.81
0+960	46.12	0.09	421.38	22.69	28141.67	11420.50

Station	Area Cut (m^2)	Area Fill (m^2)	Volumes Cut (m^3)	Volumes Fill (m^3)	Cumulative Volumes Cut (m^3)	Cumulative Volume Fill (m^3)
0+970	14.58	1.6	297.73	8.07	28439.40	11428.57
			50.71	5.6	28490.11	11434.17
0+980	0.00	0.00			28490.11	11434.17

كمية الأتربة المحفورة = **الحجم المحسوب للحفر** * 1.2

= ٢٨٤٩٠.١١ × ١.٢

= ٣٤١٨٨.١٣٢ m^3.

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

= 11434.17× ١.١

= 12577.587 m^3.

المراجع

١. محمود توفيق سالم ، هندسة الطرق (١) ، منشورات الراتب للابحاث والدراسات الجامعية ، بيروت لبنان ، ١٩٨٤.

٢. محمود توفيق سالم ، هندسة الطرق (٢) ، منشورات الراتب للابحاث والدراسات الجامعية ، بيروت لبنان ، ١٩٨٤.

٣. روحي الشريف ، البسيط في تصميم وانشاء الطرق ، الجزءالاول ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٦.

٤. روحي الشريف، البسيط في تصميم وانشاء الطرق ،الجزء الثاني ، عمان ، الاردن ، ١٩٨٦.

٥. يوسف صيام ، عبد الله القرني ، سعد القاضي ، تغطية مساحية للطرق ، مجدلاوي للنشر ، عمان ، الاردن ، ١٩٩٩.

٦. يوسف صيام ، المساحة وتخطيط المنحنيات، عمان ، الاردن ، ١٩٧٨.

٧. يوسف صيام ، حساب المساحات والكميات ، الجامعة الأردنية ، عمان ، الأردن ، ١٩٨٥.

٨. محمد العدوي ، النظم الهندسية للتغذية والمياه والصرف الصحي ، بيروت ، لبنان ، ١٩٨٥.

٩. روحي الشريف، البسيط في تصميم وإنشاء الطرق، الجزء الثاني، عمان، الأردن، ١٩٨٥.

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

١١. مدرسة العودة لتعليم السياقة،الخليل.

فهرس الأشكال

الرقم	اسم الشكل	رقم الصفحة
١-١	دليل الموقع الجغرافي للطريق	٣
٣-١	أنواع المركبات والأحمال الواقعة على محاورها	١٧
١-٤	مقطع عرضي لطريق من حارتين	٢٦
٢-٤	الميول المنتظمة والميول المنحنية	٢٨
٣-٤	أشكال البردورة	٣١
٤-٤	مسافة الرؤية	٣٥
٥-٤	مسافة الرؤيا للتوقف	٣٥
٦-٤	مسافة الرؤيا للتجاوز	٣٦
٧-٤	المنحنيات الأفقية الدائرية	٣٨
٨-٤	المنحنيات الدائرية المركبة	٤١
٩-٤	المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر	٤١
١٠-٤	المنحنيات الدائرية العكسية	٤٢
١١-٤	المنحنيات المتدرجة	٤٣
١٢-٤	المنحنى البيضاوي	٤٣
١٣-٤	قطع مكافئ من الدرجة الثالثة	٤٥
١٤-٤	التخطيط الرأسي	٤٥
١٥-٤	منحنيات راسية محدبة	٤٦
١٦-٤	منحنيات رأسية مقعرة	٤٧
١٧-٤	العناصر اللازمة لتصميم وتوقيع المنحنيات الرأسية	٤٧
١٨-٤	الرفع الجانبي للطريق	٤٨
١٩-٤	إلغاء الميل العرضي	٥١
٢٠-٤	دوران قطاع الطريق حول محور الطريق و دوران القطاع حول الحافة الداخلية	٥٢
٢١-٤	طريقة توقيع التوسعة للمنحنى	٥٣
١-٥	خارطة فلسطين الطبوغرافية	٧٦
٢-٥-a	فتحات راسية	٨٦
٢-٥-b	فتحات أفقية	٨٧
٣-٥	أشكال ومقاطع العبارات	٨٨
٤-٥	كثافة المطر	٩١
5-5	مقطع للعبارة الأولى والثانية	٩٥
١-٦	طبقات الرصف الاسفلتية	١٠١
٢-٦	منحنى التدرج الحبيبي	١٠٣
٣-٦	المحتوى المائي	١٠٧
٤-٦	توضيح العلاقة بين المحتوى المائي والكثافة الجافة	١١٠
٥-٦-a	التدرج الحبيبي للعينة الأولى	١١٤
٥-٦-b	التدرج الحبيبي للعينة الثانية	١١٥
٦-٦-a	العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة للعينة الأولى	١١٦
٦-٦-b	العلاقة بين عدد الضربات ومحتوى الرطوبة للعينة الثانية	١١٧
٧-٦	العلاقة بين محتوى الرطوبة والكثافة الجافة	١١٨
٨-٦-a	العلاقة بين قيمة الغرز و الإجهاد	١١٩
٨-٦-b	العلاقة بين DRY DENSITY & SOAKED CBR	١٢٠
٩-٦	ترتيب الطبقات	١٢١
١٠-٦	منحنيات تحديد Sn	١٢٦
١١-٦	قطاع تفصيلي لطبقات رصف الطريق	١٢٨

الرقم	اسم الشكل	رقم الصفحة
٧-١	مقطع عرضي في منطقة حفر ومنطقة وردم	١٣٠
٧-٢	مقطع عرضي من ثلاث نقاط	١٣١
٧-٣	مقطع عرضي من خمس نقاط	١٣٢
٧-٤	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	١٣٣
٧-٥	حساب المساحة بطريقة تخطيطية	١٣٤
٧-٦	مقطعان في منطقة طمم	١٣٦
٧-٧	مقطع طمم و مقطع حفر	١٣٧
٧-٨	مقطعان مختلطان	١٣٨
٧-٩	مقطعان احدهما مختلط والآخر إما حفر أو ردم	١٣٩
٧-١٠	مقدار الميول الجانبية	١٤١
٧-١١	مثال لمنحنى الحجوم	١٤٢
٧-١٢	مثال لايجاد كمية الحفر والردم لمقطعين متتاليين	١٤٣
٧-١٣	مثال لمقطعين أحدهما مختلط والآخر ردم	١٤٥
٨-١	الشكل البسيط للتقاطع	١٥٤
٨-٢	تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع	١٥٤
٨-٣	تقاطع بسيط مع توسيع الطريق من الجهة المقابلة	١٥٥
٨-٤	اضافة مسرب كامل على التقاطع	١٥٥
٨-٥	انعطاف دورة واحدة	١٥٦
٨-٦	انعطاف مزدوج على التقاطع	١٥٦
٨-٧	انعطاف مع جزيرة تقسيم على التقاطع	١٥٦
٨-٨	انعطاف مع جزيرة دوران مزدوج على التقاطع	١٥٧
٩-١	أعمدة الإضاءة على الطريق	١٦١
٩-٢	توزيع أعمدة الإنارة في جهة واحدة	١٦٢
٩-٣	توزيع أعمدة الإنارة في المنتصف	١٦٢
٩-٤	توزيع أعمدة الإنارة بشكل ترنحي	١٦٣
٩-٥	ترتيب أعمدة الإنارة بشكل تقابلي	١٦٣

فهرس الجداول

الرقم	اسم الجدول	رقم الصفحة
٣-١	الفرق بين حجم المرور وتدفق المرور لمدة ساعة	١٣
٣-٢	سعة الطريق حسب مواصفات هيئة أشتو	١٥
٣-٣	الأبعاد الرئيسية للمركبات حسب مواصفات هيئة أشتو	١٦
٣-٤	المعدل المتوسط لفترة التعداد في الاسبوع	١٩
٣-٥	المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى أبو اكتيلة	٢٠
٣-٦	المتوسط لعدد السيارات المارة في الشارع المجاور المؤدي إلى عين دير بحا	٢٠
٣-٧	نسبة عدد السيارات المتجهة إلى طريق أبو اكتيلة	٢١
٣-٨	نسبة عدد السيارات المتجهة إلى طريق عين دير بحا	٢٢
٣-٩	مجموع ونسبة السيارات المارة على الشارع من كلا الاتجاهين	٢٣
٣-١٠	العلاقة بين أنواع المركبات و معامل الزيادة	٢٣
٤-١	حدود حرم الطريق	٢٧
٤-٢	الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة	٢٩
٤-٣	الميول الجانبية للجسور (للردم) حسب الارتفاعات	٢٩
٤-٤	السرعة التصميمية للطرق الحضرية	٣٣
٤-٥	العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان	٣٤
٤-٦	العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف	٣٦
٤-٧	العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظمي	٣٧
٤-٨	قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية	٤٩
٤-٩	أقصى قيمة للرفع الجانبي	٥٠
٤-١٠	أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة ألتصميميه ودرجة الرفع الجانبي للطريق والاحتكاك الجانبي	٥٠
٤-١١	إتساع الرصف عند المنحنيات حسب نصف القطر	٥٣
٤-١٢	أطوال الأقواس والأوتار الجزئية ومقادير زوايا الانحراف	٥٦
٤-١٣	العلاقة بين السرعة والحد الادنى لنصف القطر	٦٨
٥-١	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠١-٢٠٠٠)	٧٧
٥-٢	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠٢-٢٠٠١)	٧٨
٥-٣	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠٣-٢٠٠٢)	٧٩
٥-٤	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠٤-٢٠٠٣)	٨٠
٥-٥	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠٥-٢٠٠٤)	٨١
٥-٦	كمية هطول الأمطار في مدينة الخليل بين عام (٢٠٠٦-٢٠٠٥)	٨٢
٥-٧	المسافة بين البالوعات على اساس الميل	٨٧
٥-٨	معامل المطر	٨٩
٥-٩	حسابات تصميم شبكة صرف المياه للطريق	٩٠
٥-١٠	مدة كثافة المطر لمنطقة الخليل	٩١

الرقم	اسم الجدول	رقم الصفحة
٦-١	نسبة مركبات النقل في الحارة التصميمية	٩٩
٦-٢	معامل النمو	١٠٠
٦-٣-a	التدرج الحبيبي	١٠٤
٦-٣-b	التدرج الحبيبي	١٠٥
٦-٤	المحتوى المائي	١٠٧
٦-٥	حد السيولة للعينة الأولى	١٠٨
٦-٦	حد اللدونة للعينة الأولى	١٠٨
٦-٧	حد السيولة للعينة الثانية	١٠٩
٦-٨	حد اللدونة للعينة الثانية	١٠٩
٦-٩	دمك التربة	١١١
٦-١٠	نسبة تحمل كاليفورنيا	١١٢
٦-١١	CBR Results	١١٣
٦-١٢	Serviceability factors	١٢٣
٦-١٣	ESAL Conversion Factor	١٢٥
٦-١٤	معامل الطبقة للاسفلت	١٢٦
٦-١٥	معامل الطبقة للباسكورس	١٢٧
٦-١٦	معامل الطبقة لل Sub base	١٢٧
٦-١٧	سمك الطبقات حسب مواصفات AASHTO	١٢٨
1-7	حساب المساحة بطريقة الإحداثيات	١٣٣
2-7	حساب كميات الحفر والردم	١٤٧
1-8	نصف قطر الدوران بالنسبة لنوع الطريق	١٥٩
1-9	العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطريق	١٦٤
١٠-١	بعض إشارات التحذير ومدلولاتها	١٦٨
١٠-٢	بعض اشارات الإرشاد ومدلولاتها	١٦٩
١٠-٣	المسافة بين الإشارة و التقاطع	١٧١

فهرس المحتويات

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الغلاف	I
	شهادة تقيم مشروع التخرج	II
	الإهداء	III
	الشكر	IV
	الملخص	V
	الملخص باللغة الإنجليزية	VI
	فهرس المحتويات	VII
	فهرس الملاحق	XII
	فهرس الأشكال	XIII
	فهرس الجداول	XVI
	الفصل الأول: مقدمة	
١-١	**نظرة عامة**	١
١-٢	أهمية المشروع	٢
١-٣	**موقع المشروع**	٢
١-٤	الهدف من المشروع	٢
١-٥	**مكونات المشروع**	٤
١-٦	**خطوات العمل**	٤
١-٦-١	**المسح الاستكشافي**	٤
١-٦-٢	**المسح المبدئي**	٥
١-٦-٣	الفحوصات المخبرية	٥
١-٧	**دراسات سابقة**	٥
١-٨	**الجدول الزمني**	٦
	الفصل الثاني: الأعمال المساحية	
٢-١	الأعمال الاستطلاعية	٨
٢-٢	مرحلة الدراسات المساحية الأولية	٩
٢-٣	مرحلة الأعمال المساحية النهائية	١١
	الفصل الثالث: حجم المرور	
٣-١	**حجم المرور**	١٢
٣-١-١	حساب حجم المرور اليومي المتوسط	١٢
٣-١-٢	**حساب حجم المرور الساعي التصميمي**	١٣
٣-١-٣	**حساب حجم المرور المستقبلي**	١٣
٣-٢	سعة الطريق	١٤
٣-٣	تركيب المرور	١٥

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
٣-٤	عربات التصميم	١٥
٣-٥	السرعة التصميمية	١٧
٣-٦	**حصر المرور**	١٨
٣-٦-١	**تعداد المركبات**	١٨
٣-٦-٢	**فترات التعداد**	١٨
	الفصل الرابع: التصميم الهندسي وتخطيط الطريق	
٤-١	**مقدمة**	٢٥
٤-٢	قطاع الطريق	٢٦
٤-٣	حارة الطريق	٢٧
٤-٤	عرض حرم الطريق	٢٧
٤-٥	سطح الطريق	٢٨
٤-٦	الميول العرضية	٢٨
٤-٧	الميول الجانبية	٢٩
٤-٨	**الأكتاف**	٣٠
٤-٩	**الأرصفة**	٣٠
٤-١٠	**البردورة**	٣٠
٤-١١	الجزر الفاصلة بين اتجاهين	٣٢
٤-١٢	**السرعة**	٣٢
٤-١٢-١	السرعة التصميمية	٣٢
٤-١٢-٢	السرعة التشغيلية	٣٣
٤-١٢-٣	السرعة اللحظية المتوسطة	٣٣
4-12-4	سرعة الجريان	٣٣
٤-١٣	مسافة الرؤية	٣٤
٤-١٣-١	مسافة الرؤية للتوقف	٣٥
٤-١٣-٢	مسافة الرؤية التجاوز	٣٦
٤-١٤	التخطيط الأفقي	٣٨
٤-١٤-١	المنحنيات الأفقية الدائرية	٣٨
٤-١٤-٢	المنحنيات الدائرية المركبة	٤٠
٤-١٤-٣	المنحنيات الدائرية مكسورة الظهر	٤١
٤-١٤-٤	المنحنيات الدائرية العكسية	٤١
٤-١٤-٥	المنحنيات المتدرجة	٤٢
٤-١٤-٥-١	أنواع المنحنيات المتدرجة	٤٣
٤-١٥	التخطيط الرأسي	٤٥
٤-١٥-١	تصميم المنحنيات الرأسية	٤٦
٤-١٥-٢	**الرفع الجانبي**	٤٨
٤-١٥-٣	**الطرق المتبعة في الرفع الجانبي** للطريق	٥١
٤-١٦	**التوسعة على المنحنيات**	٥٢

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل الخامس: تصريف مياه الأمطار	
٥-١	**المناخ**	٧٥
٥-٢	جغرافية المنطقة	٧٥
٥-٣	**المطر**	٧٥
٥-٤	الرياح	٨٣
٥-٥	الرطوبة النسبية	٨٣
٥-٦	اختيار أنواع شبكات الصرف	٨٣
٥-٧	المعايير التصميمية لشبكات تصريف مياه الأمطار	٨٤
٥-٨	**المسح المائي**	٨٥
٥-٩	**البالوعات**	٨٦
٥-١٠	**العبارات**	٨٧
٥-١١	التصرفات الناتجة من الأمطار وتصميمها	٨٨
	الفصل السادس: التصميم الإنشائي للطريق	
٦-١	**مقدمة**	٩٦
٦-٢	**انواع الرصفة**	٩٦
٦-٣	**اعتبارات** التصميم	٩٨
٦-٤	**عوامل** التصميم حسب طريقةAASHTO	٩٨
٦-٤-١	**الاحمال المتوقعة**	٩٨
٦-٤-٢	نسبة تحمل الكالفورنيا	٩٩
٦-٤-٣	توزيع الحركة	٩٩
٦-٤-٤	الفترة التصميمية	١٠٠
٦-٤-٥	**معدلات الزيادة السنوية**	١٠٠
٦-٥	تصميم طبقات الرصف	١٠١
٦-٥-١	التجارب المخبرية	١٠٢
٦-٥-١-١	**التدرج الحبيبي للتربة**	١٠٢
٦-٥-١-٢	**قوام التربة**	١٠٦
٦-٥-١-٣	**دمك التربة**	١١٠
٦-٥-١-٤	مناقشة النتائج والتحليل	١٢١
٦-٦	التصميم الانشائي للطريق	١٢٢
٦-٦-١	معامل الرجوعية	١٢٢
٦-٦-٢	**الرقم الانشائي**	١٢٢
٦-٧	خطوات التصميم	١٢٣
٦-٧-١	**معامل الثقة**	١٢٣
٦-٧-٢	معامل التشغيل	١٢٣
٦-٧-٣	تحليل الاحمال	١٢٣
٦-٧-٤	تحديد سمك طبقة الرصف	١٢٥

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
	الفصل السابع: كميات الحفر والردم	
٧-١	مقدمة	١٢٩
٧-٢	حساب مساحات المقاطع العرضية	١٢٩
٧-٣	حساب الحجوم	١٣٥
٧-٤	الطرق الشائعة في حساب الحجوم	١٣٥
٧-٥	طريقة العمل	١٤٠
٧-٧	التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجوم)	١٤١
٧-٧	خواص منحنى الحجوم	١٤٢
	الفصل الثامن: تصميم التقاطعات	
٨-١	مقدمة	١٥٢
٨-٢	أنواع القاطعات	١٥٢
٨-٢-١	التقاطع العادي البسيط	١٥٣
٨-٢-٢	القاطع الجرسي	١٥٥
٨-٢-٣	القاطع ذو القنوات	١٥٦
٨-٣	فوائد القنوات في القاطع	١٥٧
٨-٤	قطط التصادم	١٥٨
٨-٥	أنصاف أقطار الدوران	١٥٨
	الفصل التاسع: الإنارة	
٩-١	مقدمة	١٦٠
٩-٢	مواصفات الإضاءة	١٦٠
٩-٣	أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة	١٦١
٩-٤	طريقة توزيع الإضاءة على الشارع	١٦٢
٩-٥	أرتفاع أعمدة الإنارة	١٦٣
٩-٦	المسافة بين أعمدة الإنارة	١٦٣
	الفصل العاشر: علامات وإشارات المرور	
١٠-١	مقدمة	١٦٥
١٠-٢	علامات المرور	١٦٥
١٠-٢-١	أهداف علامات المرور	١٦٥
١٠-٢-٢	الشروط الواجب توفرها في العلامات	١٦٦
١٠-٢-٣	أنواع علامات المرور	١٦٦
١٠-٣	الاشارات	١٦٧
١٠-٣-١	أنواع الاشارات	١٦٧
١٠-٣-٢	مواصفات الاشارات	١٧٠

الرقم	الموضوع	رقم الصفحة
١٠-٣-٣	موقع الإشارة	١٧١
	الفصل الحادي عشر: التوصيات والنتائج	
١١-١	التوصيات	١٧٢
١١-٢	النتائج	١٧٢
	المراجع	١٧٣

فهرس الملاحق

اسم الملحق	رقم الصفحة
ملحق رقم (١) المضلع	
لوحة المضلع	T1
Adjustment of the Traverse	١-١٦
ملحق رقم (٢) إحداثيات القراءات المرصودة	١-١٨
ملحق رقم (٣) مخططات تصميم المشروع	١-٨
المساقط الافقية للطريق	P1 – P7
المقاطع الطولية	Pr - Pr7
المقاطع العرضية	C1–C10
ملحق رقم (٤) مخططات تصميم تصريف المياه	١-٢٧
لوحة المساحة لتصريف مياه الامطار	A1
مقطع تصميم تصريف مياه الامطار	D1-D3
جداول تصميم مياه الامطار	1-27