بسم الله الرحمن الرحيم

إعادة تصميم الطريق الواصل بين مبنى ابو رمان ومفرق العجوري

فريق العمل:

حسام محمد البو **فراس يوسف رجب**

المشرف:

م. فيضي شبانة

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:.....

توقيع رئيس الدائرة
الاسم:.....

جامعة بوليتكنيك فلسطين
الخليل – فلسطين

٢٠٠٧

بسم الله الرحمن الرحيم

إعادة تصميم الطريق الواصل بين مبنى ابو رمان ومفرق العجوري

فريق العمل:

حسام محمد البو **فراس يوسف رجب**

رقم التسجيل (٠٢/٠٩١) (٠١/٠٩٢٦)

إشراف:

م. فيضي شبانة

تقرير مشروع التخرج

مقدم إلى دائرة الهندسة المدنية والمعمارية في كلية الهندسة والتكنولوجيا

جامعة بوليتكنك فلسطين

للوفاء جزء بمتطلبات الحصول على

درجة البكالوريوس في الهندسة تخصص هندسة المساحة و الجيو**ماتكس**

جامعة بوليتكنيك فلسطين
الخليل – فلسطين

2007

كلمة شكر

بدأت أطراف الطريق تلوح لأعيننا
وبدأت الأيام تعلن اقتراب نهاية الرحلة
وعيون الناظرين تعد خطواتنا الأخيرة فيها.
و ها نحن نمعن النظر في آخر صفحات الطريق
واللهفة وقودنـا، والذكـرى عبيرنا، والعـلم هدانـا.
و بإلتفاتة خجلة إلى ثنايا الطريق المنعم بالتعب والسـهر،
لا بد أن يظهر لنا من مهد الطريق أمامنا ليغدو سهلا
ومن أخذ بيدنا وأرسلنا إلى الصواب
في الطليعة نقدم بطاقة شكر ومحبة
للمهنـدس فيضي شبانة
الذي قام بالإشراف على هذا **المشروع**
فكان خير مرشد وخير معلم وصديق في آن واحد.
ونوجه تحية شكر وامتنان للجهاز الإداري والعلمي في دائرة الهندسة المدنية والمعمارية
ونخص بالذكر
كادر هندسة المساحة والجيو ماتكس ومنهم
"د.نبيل الجولاني ...م. **نضل ابو رجب** ... والأستاذ احمد الشريف"

فريق العمل

الإهـــــــــــــــــداء

إلى الذي أحبته الجبال، فتهافتت، واهتزت، ثم سكنت عندما قال لها أثبتي !
إلى الأمين الصادق!
محمد صلى الله عليه وسلم !

القائل " إن أناسا من أمتي يأتون بعدي يود أحدهم لو اشترى رؤيتي بأهله وماله ....."

نهدي هذا العمل إلى آبائنا وأمهاتنا الذين ما انفكوا يصلون الليل بالنهار سهرا وتعبا من
أجل راحتنا وبناء مستقبلنا.....

ونهديه بكل تواضع وأدب جم إلى شهدائنا وجرحانا وأسرانا الذين بذلوا دماءهم وضحوا بأعمارهم رخيصة من أجل أبناء شعبهم
الذين نتمنى لهم الفرج القريب والعاجل.....

كما ونهديه إلى الصرح الشامخ إلى

جامعة بوليتكنيك فلسطين

إلى الجامعة الحبيبة بما فيها من أساتذة ومدرسين وجميع العاملين فيها.....

نهديه إلى الأستاذ الفاضل

م.فيضي شبانة

والذي قام بالإشراف على هذا المسروع

فريق العمل

خلاصة المشروع

إعادة تصميم الطريق الواصل بين مبنى ابو رمان ومفرق العجوري

فريق العمل :

حسام محمد البو
فراس يوسف رجب

جامعة بوليتكنك فلسطين ٢٠٠٦/٢٠٠٧

المشرف :م.فيضي شبانة .

يشمل المشروع القيام بجميع المتطلبات المساحية اللازمة لإعادة تصميم طريق مبنى ابو رمان-مفرق العجوري، وقد تم اختيار هذا المشروع لانه قد تم تصميم جزء من هذه الطريق ونفذ على ارض الواقع في السنوات السابقة وفضلنا أن نكمل المشوار، فهذا أحد الأسباب التي جعلتنا نختار هذا الطريق الذي له أهمية كبيرة و حيوية فهو يصل بين مباني الجامعة المختلفة وتمر منه معظم المركبات والشاحنات القادمة من مدينة الخليل و المتجهة إلى المنطقة الجنوبية والصناعية وسوق الخضار المركزي .

يحتوي هذا المشروع على عدة فصول نظرية وحسابية و تكون تطبيقا للمفاهيم الهندسية و المواصفات الفنية الواجب اتباعها عند القيام بتصميم أي طريق من وجهة النظر الهندسية.

سنتطرق في هذا المشروع إلى إشارات المرور و الإنارة وتوزيع الكهرباء وغيرها من الأمور اللازمة لإتمام التصميم الهندسي للطريق.

Abstract

DESIGN OF ABU ROMMAN BUILDING-AL AJOURI INTERSECTION ROAD

Project Team:

Hussam M. Albaw *Firas Rajab*

Palestine Polytechnic University-2006

Supervisor:

Eng. Faydi Shabaneh

This project is a redesign of Abu Romman(PPU) Building-Al ajouri intersection road from Geomatics, the importance of this road is that it is the regional road between PPU buildings, and part of this road was design in past so we want to complete this design. This project is an application for engineering and technical specifications that have to be considered in highway 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 of the project contain: Horizontal plan, profile, horizontal and vertical, curves, and cross sections.

الملاحق

الملحق الأول

حسابات المضلع

الفصل الأول
المقدمة

١-١ نظرة عامة

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

وبداية يجب تصنيف الطرق من حيث كونها طرقاً رئيسية أو فرعية أو محلية حتى يمكن تحديد السرعة التصميمية والانحدار الحاكم بعد موازنة بعض العوامل مثل أهمية الطريق وتقدير حجم وخصائص المرور والتضاريس والأموال المتاحة. وتعتبر السرعة التصميمية والانحدار الحاكم هما بدورهما القاعدة الأساسية لوضع الحدود الدنيا القياسية لكل من التخطيط الرأسي والأفقي للطريق وبعد ذلك يستطيع المصمم أن يطوع هذه الحدود أو أعلى منها من أجل التوصل إلى مسقط أفقي وقطاع طولي للطريق. ثم تأتى مرحلة تفاصيل الأبعاد الهندسية للتقاطعات ذات المستوى الواحد أو المستويات المتعددة ولطرق الخدمة ولغيرها من الملامح.

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

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

١-٢ نبذة تاريخية عن الطرق

لا يعرف تاريخ محدد لمولد الطرق، ولكن مع توطن البشر واستئناسهم للحيوانات قبل نحو 9000 عام كانت المسارات التي سلكها الناس بحيواناتهم هي أول طرق سير عرفتها البشرية، وقد أخذ مسار المشاة والحيوانات مسارا متعرجا ليخدم الملكيات الخاصة المتناثرة.

ويعود تاريخ الطرق الحديثة إلى اليوم الذي اخترع فيه الإنسان العجلة منذ حوالي 5000 عام قبل الميلاد، حيث عرف الإنسان أول طريق مرصوفة بالأحجار في عام 3500 ق م في بلاد ما بين الرافدين، وقام المصريون بإنشاء طريق يصل النيل بالاهرامات ، ثم أتى البابليون وبنوا شبكة مهمة من الطرق تصل العاصمة بالمناطق المحيطة بها، وكانوا أول من استخدم الإسفلت (القار) كمادة من مواد إنشاء الطرق. إلا أن الفضل في إنشاء الطرق يعود للرومان حوالي 4000 ق م . فقد أنشأوا شبكة ضخمة من الطرق تتكون من 29 طريقا رئيسيا يصل مجموع أطوالها إلى 80 ألف كلم، والتي أنشأت لأغراض عسكرية حيث كانت تنطلق على شكل طرق شعاعية من عاصمتهم روما إلى جميع أنحاء الإمبراطورية الرومانية.

وفي نفس الوقت تقريبا(400 ق م) تطور إنشاء الطرق في انجلترا، حيث قام كل من المهندسين تلفورد و ماكآدم من تطوير أساليب مشابهة لإنشاء الطرق، حيث استخدم تلفورد أحجارا كبيرة كقاعدة للطريق وغطاها بأحجار اصغر كسطح للطرق، أما ماكآدم فاستخدم أحجارا صغيرة لكامل أجزاء الطريق، وهذا النوع مازال مستخدما إلى اليوم في إنشاء الطرق ويحمل اسمه.

ومع بداية القرن التاسع عشر الميلادي أنشأت آلاف الكيلومترات من الطرق التي أخذت بعين الاعتبار تصريف المياه والتأسيس على أرضية صلبة، كما أن اختراع الإطارات المطاطية بدلا من المعدنية من قبل العالم دنلوب 1888م ساعد على تغطية الطرق بالإسفلت مع بداية القرن العشرين مما زاد من مستوى الراحة والسرعة وتقليل الضوضاء، كما أن محرك الاحتراق الداخلي بواسطة العالمين بنز و دملر 1886م ادخل ثورة في عالم الطرق والدخول في عصر السيارات.

١-٣ التصنيف الوظيفي للطرق:

التصنيف الوظيفي هو العملية التي يتم بموجبها تقسيم الطرق إلى أنواع أو أنظمة وفقاً لطبيعة الخدمة التي تؤديها، ومن أساسيات هذه العملية أن ندرك أن الطرق المفردة لا تخدم حركة السفر والانتقال بوضعها المستقل خدمة ذات أهمية كبيرة، فالواقع أن معظم حركة السفر والتنقل تتم باستخدام عدد من الطرق ولذلك فمن الضروري أن تقرر الكيفية التي يمكننا بها توجيه حركة السير ضمن شبكة الطرق ككل بطريقة فعالة، وهنا تأتى أهمية التصنيف الوظيفي الذي يتم عن طريقه تحديد الدور الذي يؤديه كل طريق لخدمة حركة المرور والنقل.

ويمكن إيجاز تصنيف الطرق حسب الوظيفة:

أ ـ طرق حضرية رئيسية.

تربط هذه الطرق مراكز الأنشطة الرئيسية في المناطق الحضرية وترتبط بالشبكة الإقليمية وتتحمل أكبر حمل مروري خلال المنطقة وعرض هذه الطرق حوالي (40 متراً فأكثر).

ب ـ طرق حضرية ثانوية.

تقوم هذه الطرق بتجميع المركبات من الطرق الرئيسية وتقوم بتوزيعها إلي درجات الطرق الأقل وعرضها يتراوح ما بين (16 ـ 25 متراً).

جـ ـ طرق حضرية من الدرجة الثالثة (محلية).

تقوم بتجميع المركبات خلال المناطق السكنية ومناطق الأنشطة إلي درجات الطرق الأعلى وتحمل أقل مقدار من المرور في الشبكة وتعتبر أقل درجة في التدرج الهرمي لشبكة الطرق وعرضها يتراوح ما بين (12ـ 16 متراً).

والطريق موضوع البحث (مبنى ابورمان – مفرق العجوري) يعتبر من الطرق المحلية.

١-٤فكرة المشروع:

طريق المشروع هو الطريق الواصل بين مبنى أبو رمان ومفرق العجوري وهو طريق معبد ويصل بين مباني الجامعة المختلفة وتمر منه معظم المركبات والشاحنات القادمة من مدينة الخليل و المتجهة إلى المنطقة الجنوبية والصناعية وسوق الخضار المركزي، كما أن الطريق بحاجة إلى إعادة تصميم و توسيع حيث أن الطريق بوضعه الحالي لا يخدم خط السير كثيرا بسبب الإزدحامات والاختناقات المرورية التي تسببها كثافة المباني الملاصقة للطريق و المركبات والشاحنات المارة من هناك بالإضافة الى وجود تجمع كبير للمدارس في المنطقة ، لذلك سوف تتم دراسة المخططات الهيكلية للمنطقة والطرق المقترحة في هذه المنطقة ، ووضع الحلول المناسبة لهذه الاختناقات.

وقد لاحظنا أثناء القيام بالمسح الميداني للطريق وجود بعض الأماكن في الطريق التي تتجمع فيها مياه الأمطار بسبب عدم وجود عبارات أو شبكات تصريف لتلك المياه، وأيضا عدم توفر رؤية كافية على أحد المنحنيات الرأسية.

و نهدف من وراء هذا العمل القيام بإعادة تصميم نموذجي لهذا الطريق(من وجهة النظر الهندسية) (Geometric design) ، والاهتمام قدر الإمكان بجميع عناصر الطريق في التخطيط الأفقي، والتخطيط الرأسي، من حيث الرفع الجانبي للطريق (Superelevation)، والتوسيع على المنحنيات (widening) والمنحنيات الانتقالية، وكذلك عمل الميول الجانبية والأفنية الجانبية لتصريف مياه الأمطار، ومن ثم تصميم القطاعات العرضية وتحديد عرض الرصف والأكتاف والأطاريف وأرصفة المشاة والجزر الوسطية وإشارات المرور والإنارة.

١-٥ أهمية وأهداف المشروع:

تمثل الطرق العمود الفقري للبلاد والذي تتمحور حوله وحدة البلاد ونموها وتطورها. حيث أن الطرق تكون المقياس الأول الذي يُحكم من خلاله بمقدار التطور الذي وصلت إليه البلد، وتسهل الطرق حركة وتنقل الناس وربطهم بأماكن عملهم. لذا فالطرق عنصر ضروري للمجتمع في جميع مجالات التنمية الحيوية.

إن الهدف من وراء إنشاء الطرق حسب المواصفات الهندسية هو خدمة الناس وتسهيل حركتهم لقضاء حاجاتهم و وصل المناطق ببعضها، فلهذا المشروع أهداف عديدة وهي:

- خدمة المنطقة السكانية التي يمر منها طريق ابورمان، وذلك لجعل المنطقة أكثر حيوية
- تجنب مرور الشاحنات الكبيرة في وسط المنطقة مما يقلل من الإزدحامات المرورية.
- الشارع المذكور يخدم منطقة ذات كثافة سكانية عالية.
- توفير سبل الأمان على الشارع وذلك بتوفير الأرصفة وممرات المشاة والإشارات المرورية اللازمة للشارع ما أمكن.
- إكمال تصميم الطريق حيث كان قد صمم جزء منها وطبق على الواقع.
- تصميم الطريق حسب المواصفات الفنية والهندسية طبقا لقانون وزارة الأشغال العامة المستخدم في الضفة الغربية.
- الاستفادة من جهازال GPS في عمل المضلع الخاص بالطريق.
- الاستفادة من البرامج الحديثة في تصميم الطرق مثل برامج:
  - Auto Desk
  - GIS
  - Auto Cad

١-٦ طريقة البحث

- القيام بتحديد موضوع البحث (إعادة تأهيل وتصميم الطريق الواصل بين مبنى أبورمان ومفرق العجوري) والاستفسار عن الموضوع من المشرف والجهات المختصة مثل بلدية الخليل والجامعة.
- القيام بزيارة ميدانية (استطلاعية) للموقع وأخذ فكره كاملة عن طبيعة المشروع والمشاكل المتعلقة به والتفاصيل الهامه للتصميم والتنفيذ من اجل الحصول على أفضل النتائج.
- البدء بالبحث في المكتبة عن المراجع والمصادر التي يمكن الإستفادة منها في المشروع.
- القيام بتنفيذ العمل الميداني من مسح للشارع ورفع التفاصيل من اجل تجهيز المخططات اللازمة لعملية التخطيط والتصميم. وتبدأ عملية المسح الميداني من نقطة معلومة الإحداثيات مربوطة بمضلع مغلق (Traverse) باستخدام جهاز الGPS من اجل دقة العمل المساحي .
- القيام بإحصاء عدد المركبات ميدانيا من اجل حساب معدل المرور اليومي (Average Daily Traffic) وتحديد عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume) .
- القيام بزيارة لبلدية الخليل من اجل التعرف على القوانين المتبعة في التخطيط والتصميم من حيث السرعة القصوى للمرور وعرض الحارة والارتدادات والأرصفة وغيرها.
- البدء بعملية التخطيط والتصميم بمراحله المختلفة للطريق حسب المعطيات من العمل الميداني.
- البدء بكتابة مقدمة المشروع مع مراعاة الأصول والشروط الواجب توفرها في المقدمة مع مراعاة مراجعة المشرف والأخذ بنصيحته ورأيه.
- بعد الانتهاء من المقدمة وتسليمها يتم الاستمرار في عملية التصميم و بكتابة مشروع التخرج حسب الأنظمة المتبعة في جامعة بوليتكنك فلسطين، حيث نبدأ أولا بالقراءة واستخلاص النتائج والمعلومات المفيدة من عملية التصميم ومن المراجع وصياغتها وترتيبها بشكل مناسب.

١-٧ هيكلية البحث:

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

- **الفصل الأول**: المقدمة يشمل نظرة عامة، نبذة تاريخية، التصنيف الوظيفي للطرق، فكرة المشروع، أهمية المشروع، طريقة البحث، هيكلية البحث، الدراسات السابقة.
- **الفصل الثاني**: الأعمال المساحية يشمل مقدمة عامة، الأعمال الاستطلاعية، مرحلة الدراسات المساحية الأولية، مرحلة الأعمال المساحية النهائية.
- **الفصل الثالث**: يتحدث عن تخطيط الطريق والأعمال المساحية المتعلقة بمسار الطريق، والعوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق، (السرعة التصميمية، سرعة الجريان، السرعة اللحظية المتوسطة، مواصفات السرعة التصميمية)، مسافة الرؤية.
- **الفصل الرابع**: يبحث في طرق معرفة وتحديد حجم السير من تعداد للمركبات وأنواع التعداد على الطريق ووسائل إجراء التعداد، وتحديد فترات التعداد وتحديد حجم السير الحالي والمستقبلي.
- **الفصل الخامس**: التخطيط الأفقي للطريق (بيان أنواع المنحنيات الافقية وعناصرها وطرق توقيعها)، التخطيط الراسي للطريق(بيان أنواع المنحنيات الراسية وعناصرها وطرق توقيعها).
- : **الفصل السادس**: حساب الكميات(ويشمل حساب مساحات المقاطع العرضية للطريق وايجاد كميات الحفر والردم بين هذه المقاطع) ومنحنى الحجوم.
- **الفصل السابع**: تصميم التقاطعات (ويشمل أنواع التقاطعات وأنصاف أقطار الدوران على التقاطع).
- **الفصل الثامن**: الإنارة على الطريق(ويشمل أنواع المصابيح المستخدمة على الطريق وطريقة توزيعها على الطريق)
- **الفصل التاسع**: علامات وإشارات المرور على الطريق(ويشمل الهدف من وضع علامات المرور، أنواع علامات المرور و الشروط الواجب توفرها في علامات المرور)
- **الفصل العاشر**: النتائج والتوصيات.

الجدول الزمني للمشروع(١-١)

النشاط / الاسبوع	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
جمع المعلومات																
العمل الميداني																
الطرق المقترحة وتجهيزها																
الرسم بالكمبيوتر																
التصميم الأفقي + القاطعات																
التصميم الرأسي +اشارات المرور																
حساب الكميات + الانارة																
تجهيز التقرير النهائي																

١-٨ الدراسات السابقة:

بعد الرجوع إلى بلدية الخليل والاستفسار عن المخططات والدراسات السابقة المتعلقة بالطريق، تم الحصول على خريطة للمنطقة و على المخطط الهيكلي للمنطقة وبعض الصور الجوية التي تم الحصول عليها من الجامعة.

□ ٢ □

الفصل الثاني

الأعمال المساحية

٢-١ مقدمة

٢-٢ دراسة المخططات

٢-٣ الأعمال الاستطلاعية

٢-٤ مرحلة الدراسة المساحية الأولية

٢-٥ الأعمال المساحية النهائية

الأعمال المساحية

٢-١ مقدمة:

عند تصميم وإنشاء الطريق وفتحها للسيارات لا بد من وجود أمور تنظيمية لتنظيم حركة السيارات على الطريق لضمان حسن الأداء ولمنع وقوع الحوادث حتى يتم تحقيق الهدف الذي أنشئت من اجله الطريق. لذلك لا بد من الأخذ بعين الاعتبار أمور عدة مثل الاتجاهات والمسارب والإنعطافات والقطاعات، وهذه الأمور لا تقل أهمية عن الطريق نفسه لذلك يجب تصميمها جنبا إلى جنب أثناء تصميم الطريق. ومن الأمور الواجب مراعاتها عند فتح طريق جديدة أو تحسينها أن يكون هذا التحسين سيعود بالفائدة الإقتصادية والإجتماعية على المجتمع.

من أهم الأمور الواجب مراعاتها عند تصميم الطريق اخذ النقاط التالية بعين الإعتبار:

١- أن يكون الطريق اقصر ما يمكن.
٢- أن يكون الميل مناسبا قدر الإمكان.
٣- أن تكون الإستفادة من الطريق اكبر ما يمكن.
٤- أن تكون التكلفة اقل ما يمكن.

بعد أن يتقرر فتح طريق بين مدينتين أو يتقرر تحسين طريق موجودة تجرى دراسة لمعرفة حجم السير الحالي إن وجد ودراسة الأهداف والغايات من وراء إعادة تأهيل الطريق وتحديد درجة ومستوى الطريق المطلوبة، أي يتم تحديد سرعة السيارات عليها وعدد مساربها وأنصاف أقطار منحنياتها الأفقية وأطوال منحنياتها الرأسية وميول سطحها وغير ذلك.

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

- دراسة المخططات.
- أعمال استطلاعية.
- أعمال مساحية أولية.
- أعمال مساحية نهائية ودقيقة محددة.

٢-٢ دراسة المخططات:

من واقع الخرائط الطبوغرافية يمكن تحديد عدة مسارات بديلة وتوقيعها على هذه الخرائط مع الرجوع إلى الطبيعة للتعرف على الواقع الفعلي.

٢-٣ الأعمال الاستطلاعية (Reconnassance Studies):

الغاية منه تحديد مسار أو أكثر يحقق غايات و أهداف الطريق ويتم هذا بالقيام بجولات استطلاعية من قبل أعضاء الفريق المساحي باستخدام المركبات المناسبة حسب أهمية الطريق وطبيعة المنطقة، بالإضافة الى السير على الإقدام ومن المساعد والمهم جدا اصطحاب الخرائط المتوفرة للمنطقة الذي من شأنه أن يعين في البحث على الطبيعة عن الأماكن المناسبة لإمرار الطريق منها والمفاضلة بين خيار وأخر.

هنالك أمور عديدة يجب أخذها بعين الاعتبار في هذه المرحلة منها الأهمية الاقتصادية للطريق، الخدمات التي يقدمها الطريق أو يساهم في تطويرها، ميول الأرض التي سيمر منها الطريق بالإضافة الى المعلومات الفنية يمكن استنباطها من الخرائط والصور الجوية المتوفرة وربما أيضا من التقارير الفنية والبيانات الإحصائية المتعددة التي قد تتوفر عن منطقة المشروع والمشاريع المشابه أو المجاورة.

اختصارا وتسهيلا وزيادة في فعالية مرحلة الأعمال الاستطلاعية هذه، يلجأ المهندسون المصممون عادة الى البحث عن كل ما يتوفر من خرائط وصور جوية وتقارير ومعلومات حول المنطقة المراد إمرار الطريق إليها، وإذا لم تتوفر المخططات أو الصور الجوية فانه يتم اقتراح المسارات أثناء عملية الاستكشاف والسير المباشر على المنطقة مع الاستعانة بالطرق الموجودة أو مسارب المشاة.

يراعى عند إقتراح المسارات مايلي:

١- تأثير المسارات على المجتمع إجتماعيا وإقتصاديا وبيئيا.
٢- محاولة جعل طول المسار أقصر ما يمكن.
٣- أن تسير المسارات على المناطق السهلية وتنساب مع خطوط الكنتور ويجب تجنب أبار المياه والأنهار وقدر الإمكان تجنب تقطيع الأشجار وهدم البيوت وإتلاف المناطق السياحية مع تقليل الانحدار قدر الإمكان.
٤- تأثير الطريق على الشوارع الأخرى أي مدى إرتباط الطريق الجديدة للطرق الموجودة فعلا.

5- مراعاة التقاطعات مع الطرق الأخرى.

هذا وقد قمنا بزيارة الموقع وعمل مسح استطلاعي للمنطقة للتعرف على طبيعة المنطقة وجيولوجيتها، كما تعرفنا على الانحدارات في الشارع، وأماكن تجمع المياه وذلك لمعرفة الأماكن التي نحتاج إلى عبارات عندها.

٣-٤ مرحلة الدراسة المساحية الأولية (Preliminary Survey) :

في بداية هذه المرحلة يقوم الفريق المساحي بعمل مضلع يكشف قدر الإمكان كل نقاط الطريق المقترح حيث أن الهدف من وراء عمل مضلع يكشف نقاط الطريق هو تعيين إحداثيات وبالتالي مواقع نقاط جديدة إنطلاقا من وإستنادا إلى شبكة نقاط قديمة معلومة الإحداثيات بدقه كشبكة المثلثات أو المسح المثلثي، بهذا تساهم أعمال المضلعات في تكثيف شبكات النقاط المعلومة ومن ثم يسهل ربط أعمال المساحة الأخرى بشبكة الإحداثيات العامة للدولة.

يجب أن تكون دقة وشمولية العمل المساحي بحيث تسمح لتعيين أو إختيار محور الطريق الأفضل الذي يمكن أن يمر من خلال كل مسار من أجل تحقيق ذلك يجري عادة قياس وحساب وتصحيح الإحداثيات لكافة نقاط المضلع.

يتم بعد ذلك دراسة المخططات الطبوغرافية التي رسمت من الواقع ويتم تعديل المسارات حتى يتم التوصل الى أنسب مسار يحقق أفضل للشروط.

وقد قمنا بتنفيذ الأعمال التالية:

1- عمل مضلع (traverse) للطريق، يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات ورصد نقاط المضلع من تلك النقطتين ، وتم لستخدام لGPS في عمل ذلك.
2- القيام بإحصاء عدد المركبات التي تمر من الطريق لمعرفة حجم السير.
3- رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية وأعمدة هاتف وكهرباء وأسوار وسلاسل وغيرها من التفاصيل، و اخذ مقاطع عرضية للطريق عند كل تغير وعمل مقطع طولي لكامل الطريق.

٢-٥ مرحلة الأعمال المساحية النهائية:

بعد أن يتم إنجاز المخططات الأولية يصبح بوسع الفريق المصمم من إستخدام هذه المخططات والمعلومات المساحية المختلفة في دراسة مختلف المسارات الممكنة بهدف إختيار المسار الأمثل أو **الأفضل**.

تتضمن هذه الدراسة عادة رسم المقاطع الطولية لعدة مسارات لغايات تقدير كمية الأعمال الترابية من **حفر وردم**، حديد مواقع الجسور **والعبارات... الخ**. كذلك لابد للفريق المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية والفنية التي تسهل عملية إختيار مسار الطريق.

□ ٣ □

الفصل الثالث

التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

٣-١ مقدمة

٣-٢ العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند إنشاء طريق

٣-٣ العوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق

٣-٤ التصميم الهندسي للطريق

٣-٥ السرعة

٣-٦ مسافة الرؤيا

٣-٧ مكونات سطح الطريق

الملحق الثالث

المراجع

الفصل الثالث
التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

٣- ١ مقدمة

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

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

٣-٢- العوامل الأساسية التي تؤخذ بعين الاعتبار عند إنشاء طريق بين مدينتين:-

أ- طبوغرافية المنطقة وثباتها الجيولوجي:

يجب إن يؤخذ بالاعتبار عند التخطيط وإنشاء الطرق العوائق الطبوغرافية حيث يجب الاختصار من طول الطريق ما أمكن والابتعاد أعمال الحفر والردم الكبيرة والمكلفة كذلك الاستفادة من أي مقلع أو مناطق تصلح تربتها لأعمال الردم والتأسيس كذلك يجب الابتعاد وتجنب أماكن الانهيارات الانزلاقات.

ب- قوة الرياح واتجاهها:

يجب إن يكون موقع الشارع في منطقة لا تتعرض للرياح الشديدة فيفضل إن لا يكون اتجاه الرياح مع أو عكس أو متعامدا مع اتجاه السير وهذا للتقليل من القوى الخارجية التي تؤثر سلبيا على سير المركبات وتوازنها.

ت- العوائق الهيدرولوجية:

يجب عمل استطلاع ميداني لجمع المعلومات عن كميات الأمطار ومناطق تكون السيول لاختيار الموقع المناسب للجسور والعبارات ويمكن الاستفادة من السكان المجاورين في اخذ المعلومات.

وبعد الاستطلاع الميداني تبين أن هناك مناطق تتجمع فيها المياه مشكلة للسيول وسنقوم بحل هذه المشاكل من خلال عمل الاقنية الجانبية المفتوحة وعمل العبارات في المناطق التي تحتاج اليها .

ث- الأهمية الاقتصادية:

إن دراسة معدلات التطور المستقبلي للمنطقة من الناحية التجارية والصناعية والسياحية....الخ له أهمية كبيرة في تصميم الطريق وتخطيطها من حيث نوعه ومستواه الفني ومحطات المرور فيجب إن تكون هذه الدراسات دقيقة مبنية على أسس علمية لكي تواكب متطلبات المستقبل حيث يمكن الحصول عليها من المؤسسات الحكومية المختصة.

ج- التوزيع السكاني وكثافته:

من أهم العوامل التي تحدد مسار ونوع الطريق هي أماكن تجمع السكان وتوزيعهم حيث إن من أهم الأهداف التي تنشأ من اجلها الطرق هي خدمة اكبر قطاع ممكن من السكان لتسهيل تنقلهم بين الاماكن المختلفة بأكبر قدر من الامان واقل وقت ممكن، ويجب إن يصل الطريق إلى المناطق الخدماتية مثل المستشفيات والجامعات وأماكن سياحية.....الخ.

وكما ذكرنا في السابق أن منطقة المشروع هي طريق تصل بين مباني الجامعة وتوصل إلى المنطقة الصناعية في الخليل.

ح- أنواع السيارات المستخدمة على الطريق:

تأتي أهمية هذا البند في تجنب سير المركبات الثقيلة بالقرب من الاماكن السكانية تجنبا للضوضاء والإزعاج، كذلك يجب وضع خطوط خاصة ومستقلة لراكبي الدراجات وأخرى للعربات الجر الحيواني وأخرى للشاحنات بمعنى عام تمكن أهمية أنواع السيارات في عمل مسارب واتجاهات مفصلة لكل نوع.

٣- ٣-العوامل الرئيسية التي تتحكم في تخطيط الطريق:

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

العوامل الأساسية التي تحكم تخطيط الطريق:

- **النقاط الحاكمة:**

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

أ- نقاط يجب أن يمر بها الطريق:

وهذه قد تتسبب في زيادة طول المسار والمرور في مناطق صعبة، ومن أمثلة هذه النقاط: موقع جسر و مدينة متوسطة و ممر جبلي...الخ.

ب- نقاط يجب الابتعاد عنها:

وهذه المناطق يجب أن نبعد مسار الطريق عنها مثل مناطق العبادة و المدافن و المنشآت الضخمة عالية التكاليف.

- **حجم المرور:**

يجب الأخذ بعين الاعتبار عند تخطيط الطريق حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا، لذلك يجب عمل الدراسات اللازمة لعدد السيارات الحالي والنسبة الزيادة المتوقعة في عدد السيارات في المستقبل بالإضافة إلى تحديد أنواع السيارات المتوقع استخدامها للطريق.

- **التصميم الهندسي للطريق:**

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

- **التكلفة:**

يجب أن يراعى عند تصميم واختيار مسار الطريق التكلفة الكلية للمشروع بحيث تكون قليلة ما أمكن ويراعى أن تشمل التكلفة تكلفة الصيانة وتكلفة تشغيل وحدات السير.

- **عوامل أخرى:**

ومن العوامل الأخرى التي تحكم التخطيط مثل عمليات الصرف و العوامل السياسية...الخ، ويجب الأخذ في عين الاعتبار عملية الصرف السطحي وكيفية التخلص من المياه عند التصميم الراسي للمسار، وفي بعض الأحيان قد يتغير تخطيط الطريق حتى لا يمر في ارض أجنبية عندما يمر المسار بالقرب من خط الحدود أو المرور بالقرب من خط القافي أو مستوطنة كما هو الحال عندنا في فلسطين.

٣ - ٤ التصميم الهندسي للطريق:

يشمل التصميم الهندسي للطرق الأجزاء الظاهرة من الطريق أو للشارع ولذلك يجب أن يغطي هذا التصميم الانحدارات سواء كانت طولية أو عرضية والتصميم الأفقي والرأسي للطريق ومسافات الرؤية والتوقف والتجاوز، وتصميم القاطعات، 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 المفاجأة 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:

- التجاوب مع الاحتياجات الحالية والانسجام والتكامل مع المتطلبات والمشاريع المستقبلية.
- الحاجة للطريق ومدى الاستفادة منها على المستوى الجماهيري.
- تحقيق متطلبات الراحة والجمال بشكل يتكامل مع غايات الطريق الأساسية.
- تلبية الاحتياجات المرورية لاستعمالات الأراضي المجاورة الحالية منها والمستقبلية.
- تحقيق التوفير الاقتصادي.
- تأمين السلامة العامة بأقصى درجة من الاعتبار في حالات السرعة والكثافة المرورية العالية.
- تحقيق مستوى الخدمات المطلوب للمرحلة الحالية مع أخذ المرحلة المستقبلية بعين الاعتبار.

٣-٥ السرعة:

تشكل السرعة عاملا هاما من العوامل التي تؤثر في عملية القس، وتقاس قيمة الطريق بمقدار ما تقدمه من خدمات بسرعة وكفاءة وبأمان وبسعر اقتصادي.

تعتمد السرعة وتتأثر بعدة عوامل منها السائق ودوافع السفر والهدف من الرحلة والسيارة والطريق وحالة الطقس ووجود مركبات على الطريق والقيود الطبيعية والقانونية ومسافة الرؤية والمنحنيات والانحدارات وعرض الرصفة وخشونة السطح ووجود القاطعات والأحوال البيئية وأحوال جانبي الطريق.

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

وهناك أنواع متعددة من السرعات حيث يستعان بكل نوع من هذه **الأنواع لغرض** معين كمايلي:

٣-٥-١السرعة التصميمية Design Speed :

هي أعلى سرعة مستمرة يمكن أن تسير بها السيارة بأمان على طريق رئيسي عندما تكون أحوال الطقس مثالية وكثافة المرور منخفضة وتعتبر مقياساً لنوعية الخدمة التي يوفرها الطريق. والسرعة التصميمية عبارة عن عنصر منطقي بالنسبة لطبوغرافية المنطقة.

٣-٥-٢سرعة الجريان Running Speed:

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

٣-٥-٣السرعة اللحظية المتوسطة Average Spot Speed:

هي عبارة عن المتوسط الحسابي للسرعات لجميع المركبات عند لحظة محددة لجميع المركبات عند نقطه محددة بقطاع صغير من الطريق.

جدول رقم (3-1) 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

* **المرجع رقم** 10

110	88
120	94
130	100
140	106

٣-٥-٤ مواصفات السرعة التصميمية Design Speed Standards :

يجب أن تكون خصائص التصميم الهندسي للطريق متناسبة مع السرعة التصميمية المختارة والمتوقعة للظروف البيئية وظروف التضاريس كما يجب على المصمم اختيار السرعة التصميمية المناسبة على أساس درجة الطريق المخططة وخصائص التضاريس و حجم المرور والاعتبارات الاقتصادية.

جدول رقم (3-2) 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

* المرجع رقم 10

٣-٦ مسافة الرؤية (Sight Distance) :

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

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

٣-٦-١مسافة الرؤية للتوقف (Stopping Sight Distance) :

تعرف مسافة الرؤية التصميمية للتوقف الآمن بمقدار الحد الأدنى للمسافة الضرورية لتوقف مركبة تسير بسرعة تقترب من سرعة التصميم دون أن تصطدم بعائق يعترض خط سيرها (التوقف الآمن)، ومن الواضح أنه قبل أن يتمكن السائق من التوقف نهائيا، يكون قد صرف وقتا في تمييز العائق وإجراءات رد الفعل وقتا آخر يعتمد على مدى تجاوب المركبة ميكانيكيا وعلى طبيعة سطح الطريق احتكاكيا.

من المفيد جدا أن تكون مسافة الرؤية للتوقف الآمن محققة عند كل نقطة من الطريق وبأطول ما يمكن ولا يجوز أن تقل بحال من الأحوال عن القيم التالية المتناسبة مع سرعة التصميم

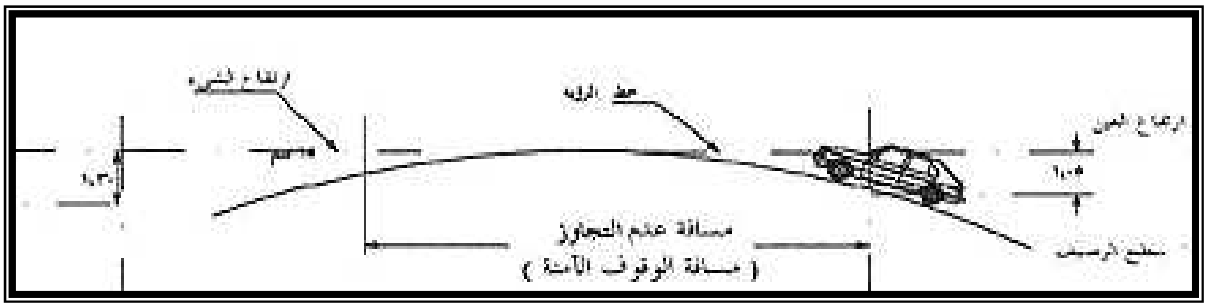
والجدول التالي يوضح القيم الصغرى لمسافات الرؤية الضرورية للتوقف الآمن والمتناسبة مع قيم مختارة للسرعة التصميمية.

جدول رقم(3-3) العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف*

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

* المرجع رقم٤

والشكل (3-1)يوضح مسافة الرؤية للتوقف الآمن.



الشكل 3-1مسافة الرؤية للتوقف*

*في حالة أن العائق ثابت :

$$SD = 0.278V.t + \frac{V^2}{254\,f} \quad \text{.....3.1}$$

V:سرعة العربة (كم/ساعة)

f: معامل الاحتكاك

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية)

المعادلة (٣.١) في حالة أن العائق ثابت، أما في حالة وجود عائق متحرك ويقترب من السيارة يتم ضرب الطرف الأيمن من المعادلة بالرقم(٢).

والجدول التالي يوضح معامل الاحتكاك بسرعات مختلفة:

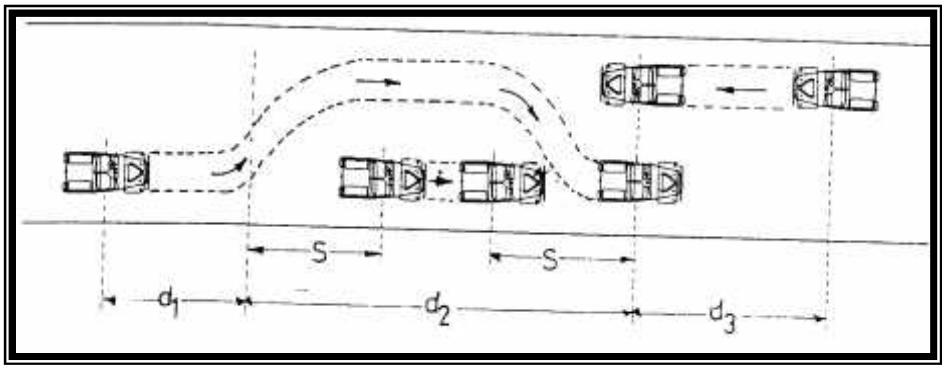
جدول (3-4) العلاقة بين السرعة و معامل الاحتكاك(f) ♀

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

* المرجع رقم ٤
♀ المرجع رقم ٤

٣-٦-٢مسافة الرؤية للتجاوز (Passing Sight Distance):

في الطرق ذات الحارتين لإمكان تجاوز السيارات بأمان فإنه يجب أن يرى السائق أمامه مسافة كافية خالية من المرور بحيث يمكنه إتمام عملية التجاوز دون احتكاك بالسيارة التي يتخطاها ودون أن تعترضه أي عربة مضادة يحتمل ظهورها بعد أن يبدأ التجاوز ثم يعود إلى الحارة اليمنى بسهولة بعد عملية التجاوز. والشكل (٣-٢) يوضح ذلك.



الشكل 3-2مسافة الرؤية للتجاوز*

ويمكن استخدام المعادلات التالية لإيجاد مسافة الرؤية للتجاوز الآمن (بالمتر) :

$$OSD = d1 + d2 + d3 \quad \text{.....3.2}$$

$$OSD = 0.28Vb.t + .028VbT + 2S + 0.28V.T \quad \text{.....3.3}$$

$$T = \sqrt{\frac{14.4S}{A}} \quad \text{.....3.4}$$

$$S = 0.7Vb + 6 \quad \text{.....3.5}$$

* المرجع رقم ٣

حيث:

OSD: مسافة الرؤية للتجاوز.

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

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

d_2: المسافة الأفقية المقطوعة بالعربة المتخطية خلال فترة التخطية .

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

V_b: سرعة السيارة المتجاوز عنها (كم/ساعة)

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

V: سرعة السيارة المتجاوزة (كم/ساعة)

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

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

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

$$Vb = (V - 16) \quad \text{.....3.6}$$

حيث v :السرعة التصميمية (كم /ساعة).

في المقطع الذي يحصل عليه التجاوز في الطريق فإن الحد الأدنى المطلوب لمسافة التجاوز هو $d_1+d_2+d_3$ في حالة وجود طريق من مسربين فقط وبدون جزر ، أما في حالة الفصل مع الإبقاء على مسربين فإن المسافة تصبح d_1+d_2، أما في حالة وجود أربعة مسارب فإنه لا حاجة لدراسة مسافة الرؤية للتجاوز حسب الجمعية الأمريكية لمسئولي الطرق والنقل بالولايات المتحدة (AASHTO).

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

جدول (3-5) تأثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف*

السرعة التصميمية كم/ساعة	زيادة مسافة الرؤية للتوقف في حالة الميول لأسفل (م)		
	٪ 3	٪ 6	٪ 9
40	2	4	6
50	3	6	10
60	5	10	18
70	7	15	26
80	9	21	*
90	12	29	*
100	16	38	*

- حسب ظروف التصميم

تصبح المعادلة (3.1)

$$S.D = 0.278vt + \frac{V^2}{254(f \pm N)} \quad \text{.....3.7}$$

حيث: N هي المجموع الجبري لميل مماسي المنحنى الرأسي.

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

٣-٧ مكونات سطح الطريق:

٣-٧-١ عرض الطريق والمسارب:

يلعب عرض حارة المرور دورا كبيرا في سهولة القيادة ودرجة الأمان على الطريق ويجب أن لا يقل عرض الحارة عن 3م ويفضل أن يؤخذ 3.65م. وفي حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة 3.75 م نظرا لمرور عربات النقل ونظرا للسرعة الكبيرة للعربات عموما.

* المرجع رقم ١٠

بالإضافة الى المسارب الأساسية في الطريق هناك أنواع أخرى من المسارب مثل:

١) مسرب الصعود: وهو مسرب إضافي في الطريق يخصص للشاحنات التي تسير ببطء أثناء صعودها حتى يفسح المجال للسيارات التي خلفها لتجاوزها.
٢) مسرب التسارع: وهو مسرب جانبي تقوم السيارات بالتسارع فيه قبل الدخول الى الطريق الرئيسي بحيث تصبح سرعتها فيه مماثلة لسرعة السيارات في الطريق.
٣) مسرب التباطؤ: وهو مسرب جانبي تسلكه السيارات أثناء مغادرتها الطريق الرئيسي لتتمكن فيها من تخفيض سرعتها بدون أن تعرقل سير السيارات الموجودة في الطريق.
٤) مسارب الوقوف، والمسرب الأوسط اللازم للانعطاف يسارا أو لتجاوز السيارات. وهناك المسرب المساعد وهو مجاور للمسرب الرئيسي ويساعد على تصريف السير .

٣-٧-٢ أرصفة المشاة :

تعتبر أرصفة المشاة جزءاً مكملاً لتصميم الشوارع في المدن ولكنها قلما تعتبر ضرورية في المناطق الخلوية. ويجب ألا يقل عرض الرصيف عن ١.٥متر ويعمل من مواد تعطي سطحاً ناعماً ومستوياً وسليماً. ويجب أن يكون سطح الرصيف الذي يسير عليه المشاة مساوياً في الجودة أو أحسن حالة من سطح الرصف المخصص للمركبات كي يغري المشاة بالسير عليه.

وعندما يكون رصيف المشاة قريباً من حافة الجزء المرصوف لمرور المركبات، يجب حمايته بأطاريف حاجزة وعند عدم استعمال أطاريف يجب أن تكون أرصفة المشاة بعيدة عن حافة الرصف المخصص للمركبات بثلاثة أمتار على الأقل.

٣-٧-٣الأكتاف:

بعد أن يتم تحديد ميل سطح الطريق وعدد المسارب فيها فإنه لابد من إكمال سطح الطريق بإدخال الأكتاف وتعريض سطح الطريق ليحتوي هذه الأكتاف.

والأكتاف هي الجزء الواقع على جانبي الطريق. وقد توجد أكتاف على طرفي الطريق فقط أو توجد على جوانب الجزيرة الوسطى إذا كانت الطريق مقسمة الى اتجاهين يفصل بينهما جزيرة وسطى.

فوائد الأكتاف:

- إيواء العربات المتوقفة وكذلك باستخدامها في حالة الطوارئ تستعمل الأكتاف كمواقف اضطرارية للسيارات التي تصيبها عطل ريثما يتم إصلاحها
- تستعمل الأكتاف لتوسيع الطريق في المستقبل.
- تستعمل الأكتاف لمنع انهيار جسم الطريق كما تصلح لوضع الإشارات عليها.
- تساعد الأكتاف على تصريف المياه عن سطح الطريق

ويتراوح عرض الكتف بين 1.25م كحد ادنى و3.6م كحد اقصى للطرق السريعة. ويجب أن تزود الاكتاف بميول عرضي لتصريف المياه ، حيث يعتمد ميل الكتف على نوعية مادة الكتف كما يعتمد على وجود اطاريف على جانبي الطريق، ويجب أن يزيد ميل الكتف عن ميل سطح الطريق بمقدار 1-2% وذلك من أجل تصريف المياه حيث يكون سطح الكتف غالبا اخشن من سطح الطريق ولهذا يحتاج الى ميل أكثر.

٣ـ٧ـ٤ الجزيرة الوسطى:

تستخدم لفصل حركة المرور المعاكسة لتحقيق الامان والسلامة، وجميع الطرق الحديثة مزودة بجزر فاصلة وخاصة إذا كانت من اربع حارات او اكثر.

ويجب ان يكون عرض هذه الجزر كافي لتادية الغرض الذي من اجله انشات وخاصة لتقليل تاثير الاضواء المبهرة الصادرة من المرور المعاكس ليلا هذا بالاضافة الى حماية العربات المعاكسة من التصادم ولامكان التحكم في المناطق المسموح فيها بالدوران في حالة التقاطعات السطحية. ويتراوح عرض هذه الجزر بين (1.25-18)م او اكثر. وليس بالضرورة ان يكون هذا العرض ثابت على طول الطريق .

٣ـ ٧ـ ٥الاطاريف:

يتأثر السائقون كثيراً بنوع الاطاريف ومواقعها وبالتالي فإن ذلك يؤثر على أمان الطريق والانتفاع به وتستخدم الاطاريف في تنظيم صرف المياه. ولمنع السيارات من الخروج عن الرصف في النقط الخطرة، وهي تحدد حافة الرصف وتحسن الشكل النهائي للطريق، كما أنها عامل في تجميل جوانب الطرق.

تقوم الاطاريف غالباً بغرض أو أكثر من هذه الأغراض. وتتميز الاطاريف بأنها بروز ظاهر أو حافة قائمة وتبدو الحاجة إليها كثيراً في الطرق المارة بالمناطق السكنية كما أن هناك مواقع بعض الحالات في الطرق الخلوية يلائمها بل ويجب أن يعمل لها الاطاريف. وهناك نوعان رئيسيان من الاطاريف. كل منهما له عدة أشكال وتفصيلات تصميمية .

٣-٧-٥-١الاطاريف الحاجزة:

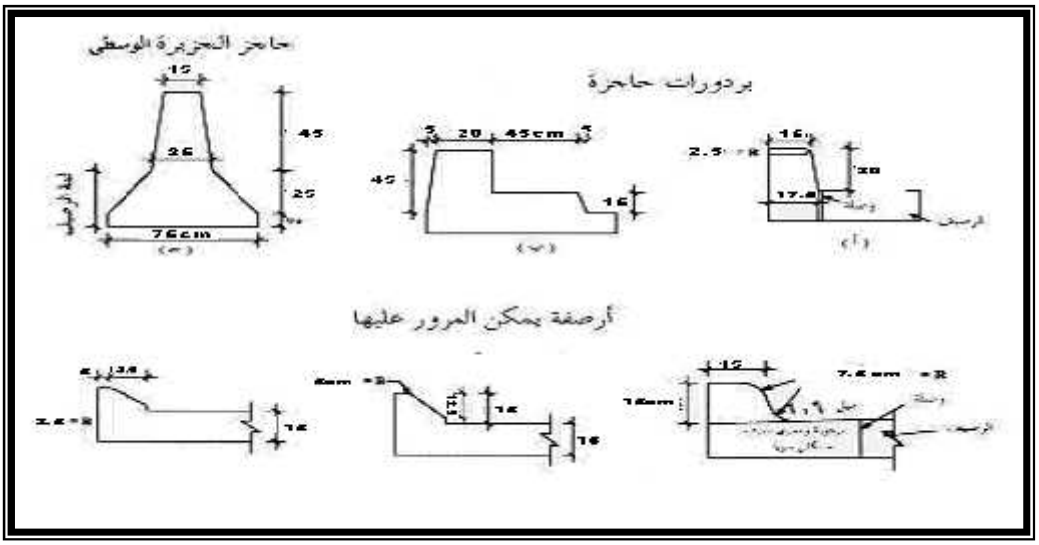
هي ذات وجه جانبي حاد الميل ومرتفع نسبياً وهي مصممة لمنع السيارات أو على الأقل صرفها عن محاولة الخروج عن الرصف ويختلف ارتفاعها بين (15- 22.5)سم تقريبا ويستحب أن يكون الوجه مائلا ولكن على ألا يزيد ميل الوجه في الغالب عن حوالي 1سم لكل 3سم من الارتفاع وتعمل استدارة للركن العلوي بنصف قطر من 2 إلى 8سم وتستخدم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

٣-٧-٥-٢ الاطاريف الخطية:

وهي مصممة بحيث يسهل على المركبات اجتيازها دون ارتجاج عنيف أو اختلال في القيادة ويختلف ارتفاع هذه الاطاريف من 10إلى 15سم وميل الوجه فيها 1:1 أو 1:2 وأغلب استعمال الاطاريف سهلة العبور هو في الجزيرة الوسطي وفي الحافة الداخلة في الاكتاف كما تستعمل في تحديد

الشكل الخارجي لجزر التقسيم القنواتي في التقاطعات ويمكن أن تنشأ هذه الاطاريف **ملاصقة لحافة** الطريق المخصص للمركبات أو تبعد عنها قليلاً.

ويوضح الشكل ٣-٣ **الأنواع المختلفة** الاطاريف.



الشكل (3-3) أنواع الاطاريف.*

٣-٧-٦ الميول الجانبية:

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

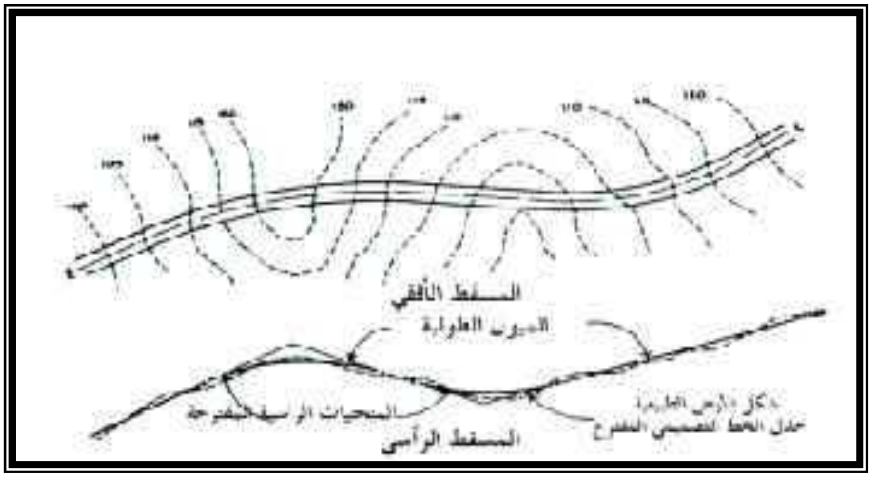
وكلما كان الميل قليلا كلما كان جسم الطريق أكثر **ثباتا**، إلا أن ذلك يعني زيادة عرض الطريق بإزدياد ارتفاعها لذلك فإننا نلجأ إلى زيادة حدة ميل جانبي الطريق كلما زاد إرتفاع جسم الطريق حتى يبقى العرض الذي تحتله الطريق محصورا ضمن حرم الطريق.

* المرجع رقم ١٠

٣-٧-٧ الميول الطولية:

في المناطق المستوية يتحكم نظام صرف الأمطار في المناسيب. وفي المناطق التي يكون فيها مستوى المياه في نفس مستوى الأرض الطبيعية فإن السطح السفلي للرصف يجب أن يكون أعلى من مستوى المياه بحوالي 0.5 متر على الأقل. وفي المناطق الصخرية يقام المنسوب التصميمي بحيث تكون الحافة السفلية لكتف الطريق أعلى من منسوب الصخر بـ0.3 متر على الأقل، وهذا يؤدي إلى تجنب الحفر الصخري غير الضروري .ويعتبر الميل 0.25% هو أقل ميل لصرف الأمطار .

ويوضح الشكل ٣-٤ الميول الطولية للطريق.

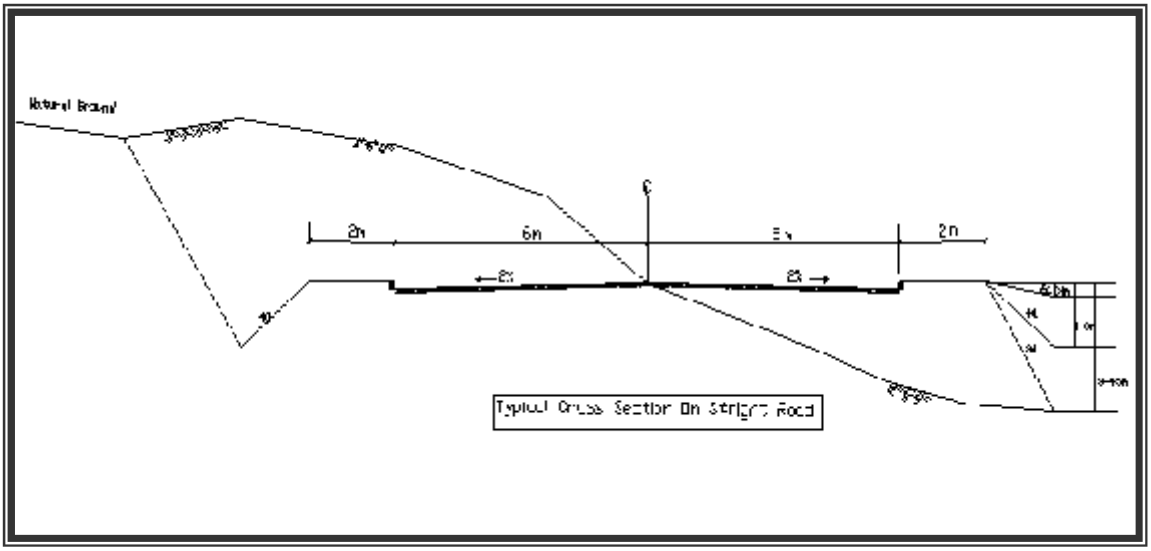


الشكل (3-4) الميول الطولية [*]

[*] المرجع رقم ١٠

٣ـ٧ـ٨ الميول العرضية:

لتسهيل عملية صرف مياه الامطار يجب عمل ميول عرضية من الجهتين بالنسبة لمحور الطريق، وقد يعمل هذا الميل منتظما أو منحنيا على هيئة قطع مكافئ . وفي حالة وجود جزيرة وسطى فإن كل إتجاه يعمل به ميل خاص به كما لو كان من حارتين ويوضح الشكل التالي مقطع عرضي نموذجي يبين الميول العرضية.



الشكل (٣-٥) مقطع عرضي نموذجي*

* المرجع رقم ١٠

الملحق الرابع

لوحات المشروع

□ ٤ □

الفصل الرابع

حجم المرور

٤-١ مقدمة

٤-٢ الهدف من دراسة حجم المرور

٤-٣ تعداد المركبات

٤-٤ أنواع التعداد على الطريق

٤-٥ طرق إجراء التعداد

٤-٦ فترات التعداد(الدوام)

٤-٧ السير الحالي والمستقبلي

٤-٨ عمر الطريق

٤-٩ تحليل المعلومات حول حجم السير

الفصل الرابع
حجم المرور

٤-١ مقدمة:

يعتبر حجم المرور من الأسس الرئيسية التي يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار على أن يشمل هذا حجم المرور الحالي والمتوقع مستقبلا والذي يعبر عنه بحجم المرور اليومي المتوسط(ADT) للمرور في الاتجاهين. كما ويجب الأخذ بحجم المرور الساعي التصميمي(DHV) للمرور في الاتجاهين.

بالإضافة إلى هذا فإنه يجب تحديد نسبة المرور لكل اتجاه خلال ساعة الذروة وخاصة للاتجاه السائد الذي يتراوح عادة بين ٥٠- ٦٠ % من حجم المرور الكلي للاتجاهين.

يعرف حجم السير بأنه عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال فتره زمنية معينة، أما كثافة السير وتعرف على أنها عبارة عن عدد المركبات التي تسير على مسافة معينة أو طول معين من الطريق.

إن معرفة حجم السير مهم جدا في عملية تخطيط وتصميم الطرق وذلك من اجل تحديد عدد المسارب وعرضها وتصميم المنحنيات الأفقية والرأسية.

٤-٢ الهدف من دراسة حجم المركبات:

- تصميم الطريق المراد إنشاؤه.
- التنبؤ بعدد السيارات في المستقبل.
- لا بد من عمل تعدادا للمركبات في ظروف مختلفة.

٤-٣ تعداد المركبات:

إن معرفة حجم السير يتطلب القيام بإحصاء عدد المركبات التي تمر من نقطة معينة، ولا بد من إجراء التعداد على مدار ساعات النهار وعلى مدار الأيام خلال العام الواحد، حيث أن عدد المركبات يختلف من ساعة إلى أخرى، ومن يوم إلى آخر ومن شهر إلى آخر، وهذا يؤثر على التصميم الهندسي للطريق، والهدف من وراء التعداد هو التوصل إلى المعلومات التالية:

١. عدد السيارات على مدار ساعات وأيام السنة من اجل تحديد ساعات وأيام الإزدحام.
٢. المعدل اليومي للسير (Average Daily Traffic) وهو مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة مقسوما على عدد تلك الأيام .
٣. مجموع المركبات التي تمر من نقطة معينة خلال أيام السنة مقسوما على عدد أيام السنة (Annual Average Daily Traffic).
٤. عدد المركبات المناسب والذي سيتم اعتماده في التصميم (Design Hourly Volume)، حيث أن معدل السير اليومي أو السنوي مهم جدا في عمليات تخطيط الطرق و رسم سياستها و دراستها لان ذلك يؤثر في الطريق من حيث تصميم المنحنيات و الانحدارات و سعة الطريق وتصميم سمك الرصف وغيرها من الأمور.
٥. تحديد حركة المركبات عند التقاطعات.

٤-٤ أنواع التعداد على الطريق:

عند القيام بعملية التعداد للمركبات يجب الأخذ بعين الاعتبار التصنيف التالي في العد:

- تعداد عام يجري على الطريق.
- تعداد يجري على التقاطعات.
- تعداد تصنيفي، حيث يتم تحديد أنواع المركبات أثناء عدها.
- تعداد اتجاهي يحدد اتجاه حركة المركبات من اجل تحديد حاجة التقاطعات إلى إشارات ووسائل تنظيم السير.
- تعداد للمشاة.

٤-٥طرق إجراء التعداد:

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

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

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

وقد قمنا باستخدام الطريقة الأولى وهي العد اليدوي وذلك للسهولة والبساطة التي تتميز بها هذه الطريقة وبسبب عدم توفر الطرق الأخرى الطرق الأخرى.

٤-٦فترات التعداد(الدوام):

من المهم القيام بتعداد المركبات على فترات مختلفة وذلك من اجل الحصول على معلومات دقيقة يتم على أساسها التصميم. ويتم اختيار الساعة كحد أدنى لفترة التعداد باستثناء التقاطعات، وبالامكان اتخاذ الفترات التالية للتعداد:

- تعداد في ساعات الإزدحام.
- تعداد في ساعات مختلفة من اليوم.
- تعداد في أيام العطل.
- تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.
- تعداد لفترة يوم كامل.
- تعداد لفترة أسبوع.
- تعداد لعدة اشهر.

٤-٧ السير الحالي والمستقبلي:

من الطبيعي أن حجم السير غير ثابت بل يزداد يوما بعد يوم، وعند تصميم للطريق يجب أن يؤخذ حجم السير المستقبلي على الطريق أثناء تصميم الطريق، وذلك حتى يستوعب الطريق حجم السير الحالي والمستقبلي. لذلك فان السير المستعمل لتصميم الطريق يتكون من العناصر التالية:

- السير الحالي: ويتم الحصول عليه بإجراء تعداد على الطريق أو بتعداد حجم السير على الطرق المؤدية إلى الطريق المراد تصميمه.
- الزيادة الطبيعية في عدد السيارات (Peak Factor) الناتجة عن زيادة عدد السكان وزيادة استخدام المركبات .
- السير المتطور: يتولد هذا السير من التحسين في المنطقة حيث يتم الاستفادة من الأراضي في استعمالات جديدة كالزراعة والسياحة والصناعة.

٤-٨ عمر الطريق:

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

٤-٩ تحليل المعلومات حول حجم السير:

إن 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 .

إن أقصى حجم للسير يكون خلال ساعات الإزدحام في فصل الصيف ويبلغ ضعفي حجم السير خلال معظم ساعات السنة، ولذلك فان تصميم الطريق بناء على اكبر حجم للمرور يتطلب تكاليف عالية ولا يشترط الالتزام به.

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) كما هو مبين في الحسابات في الصفحات اللاحقة.

يجب الأخذ بعين الاعتبار كيفية حساب معدل المركبات المستخدم في التصميم وذلك بالتعويض عن أنواع المركبات بما يقابلها من مركبات صغيرة:

(عدد السيارات الصغيرة *١ + عدد الحافلات *٢.٥ + عدد الشحن * ٣) .

وبناء على معرفة حجم السير المناسب فانه يجري تحديد عرض الطريق، وسرعة السيارات عليها وغير ذلك.

وقد حصلنا على النتائج التالية:

جدول رقم (4-1)عدد المركبات حسب أيام الأسبوع (طريق مبنى أبو رمان-مفرق العجوري).

اليوم	الفترة الزمنية					
	الزمن	عدد المركبات	الزمن	عدد المركبات	الزمن	عدد المركبات
الجمعة 8/12/2006	8-7	321	11-10	360	4-3	255
	9-8	315	2-1	344		
	11-9	300	3-2	280		
السبت 9/12/2006	8-7	707	1-12	543	4-3	480
	9-8	512	2-1	503		
	12-11	550	3-2	501		
الأحد 10/12/2006	8-7	740	11-10	492		
	9-8	556	4-3	412		
	10-9	513	5-4	403		
الاثنين 11/12/2006	8-7	705	11-10	620	2-1	580
	9-8	495	12-11	665		
	10-9	482	1-12	604		
الثلاثاء 12/12/2006	8-7	721	11-10	474		
	9-8	506	4-3	412		
	10-9	490				
الأربعاء 13/12/2006	8-7	688	3-2	460		
	9-8	520	4-3	433		
	10-9	514				
الخميس 14/12/2006	8-7	618	11-10	425	2-1	410
	9-8	452	12-11	432		
	10-9	436	1-12	460		

ولمعرفة عدد المركبات في الساعة خلال اليوم يكون مجموع عدد المركبات خلال ساعات التعداد مقسوما على عدد ساعات التعداد، كما يوضح الجدول التالي عدد المركبات في الساعة:

جدول رقم (4-2) متوسط عدد المركبات لكل ساعة

الأيام	متوسط عدد المركبات لكل ساعة		
	سيارة	باص	شحن
الجمعة	286	0	8
السبت	416	5	38
الأحد	412	4	33
الاثنين	480	5	33
الثلاثاء	412	3	34
الأربعاء	410	3	35
الخميس	343	4	32

جدول رقم (4-3) نسبة المركبات حسب الأيام

الأيام	نسبة المركبات حسب الأيام		
	سيارة	باص	شحن
الجمعة	97%	0%	3%
السبت	91%	1%	8%
الأحد	٩٢%	1%	7%
الاثنين	93%	1%	6%
الثلاثاء	92%	1%	7%
الأربعاء	91%	1%	8%
الخميس	91%	1%	8%

من اجل إعادة تأهيل وتصميم الشارع المذكور ليستوعب حجم المرور الحالي والمستقبلي على مدار 20 سنة، ولحساب عدد المسارب لاستيعاب حجم السير الحالي والمستقبلي خلال فترة زمنية (20سنة)، يتم ضرب معدل المرور اليومي الحالي في معامل الزيادة (Peak Factor =2.5) .

ولحساب عدد المركبات المستخدم في التصميم يتم التعويض عن أنواع المركبات بما يقابلها من مركبات صغيرة (عدد السيارات الصغيرة *1، عدد الباصات *2.5، عدد الشحن * 3).

عدد المركبات = (السيارات الصغيرة + 2.5* الباصات + 3* الشحن) .

لحساب معدل المركبات في الساعة نقسم المركبات إلى سيارات صغيرة وباصات وشاحنات ثم نعوض عن قيم الباصات والشاحنات بما يقابلها من سيارات صغيرة، وتوضيح ذلك يتم من خلال العلاقات التالية (حسب جدول(4-2):

الباصات = 0+5+4+5+3+3+4= 24 باص/أسبوع.

(24/7) * 2.5 = 9 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

الشاحنات = 8+38+33+33+34+35+32= 213شاحنة/أسبوع.

(213/7)*3=76 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

السيارات الصغيرة =286+416+412+480+412+410+343=2759سيارة صغيرة/أسبوع

(2845/7)*1=394 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

متوسط عدد السيارات الصغيرة في الساعة =394+76+9=479 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع .

المتوسط اليومي لحجم المرور (ADT)= 24*479= 11496 مركبة لكل يوم/أسبوع .

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

$$D.H.V = K*(A.D.T)$$

Where K= Constant between (0.12 – 0.24)

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

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

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

المتوسط اليومي لحجم المرور (ADT) = 11496 مركبة / يوم

عدد المركبات بعد 20 عام = 2.5 * 11496

= 28740 مركبة / يوم

حجم المرور الساعي التصميمي (DHV) = K*(A.D.T)

حجم المرور الساعي التصميمي (DHV) = 28740 * 0.16 = 4598 مركبة /ساعة

عدد المسارب = 850/4550

= 5.4 = 6 مسارب في الاتجاهين.

وهذا غير ممكن وذلك بسبب وجود المباني التي تحد من التوسعة للطريق، ويمكن حل هذه المشكلة بعمل الأنفاق والجسور في المستقبل.

□ ٥ □

الفصل الخامس

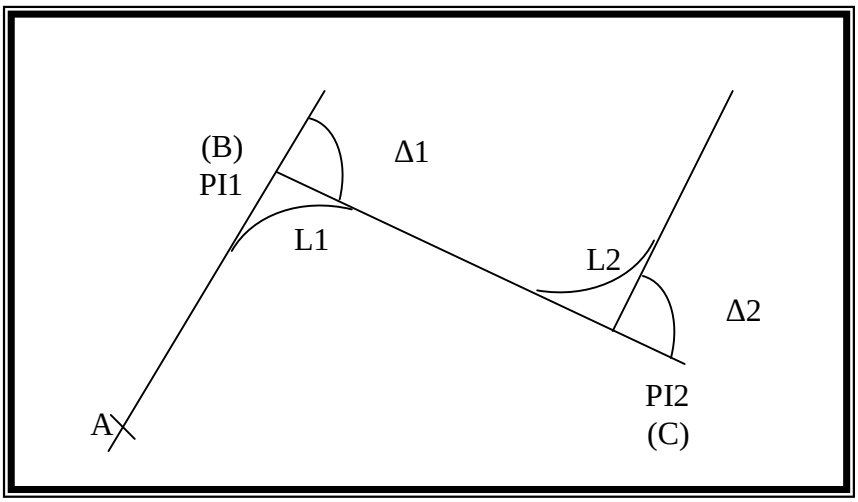
التخطيط الأفقي والراسي للطريق

٥-١	المنحنيات الأفقية(Horizontal Curves)
٥-٢	أنواع المنحنيات الأفقية
٥-٣	المنحنيات المتدرجة
٥-٤	تصميم المنحنيات الأفقية
٥-٥	الرفع الجانبي(Super Elevation)
٥-٦	المنحنيات الانتقالية Transition Curves
٥-٧	التوسعة على المنحنيات Curve Widening
٥-٨	المنحنيات الرأسية
٥-٩	اختيار الانحدارات
٥-١٠	الطول الحرج
٥-١١	شروط الانحناء في المقطع الطولي
٥-١٢	إشارة الميل وزاوية التدرج
٥-١٣	انتقاء المنحنى الرأسي Selection Of Vertical Curve
٥-١٤	عناصر المنحنى الرأسي
٥-١٥	تحديد موقع أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى الرأسي
٥-١٦	لعوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي
٥-١٧	اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي
٥-١٨	الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي

الفصل الخامس
التخطيط الأفقي والتخطيط الرأسي للطريق

٥-١ المنحنيات الأفقية Horizontal Curves :

في الكثير من المشاريع الهندسية الحيوية كمشاريع الطرق والسكك الحديدية وقنوات الري وأنابيب المياه والمجاري نلجأ إلى وصل المحاور المستقيمة بمنحنيات غايتها تفادي التغير المفاجئ في الاتجاه وذلك بتوزيعه على كامل المنحنى أو مجموعة المنحنيات التي ستربط كل محورين أو خطين متتالين مستقيمين متقاطعين. كما في الشكل رقم 5-1.



شكل رقم (5-1) مسار مشروع طريق معين *

كلما كان المنحنى واسعا كلما توفر الأمان للسائق، إلا أن ذلك يعني زيادة التكاليف، خاصة في المناطق الجبلية لذلك يتم اختيار المنحيات الواسعة في السهول، والضيقة في الجبال و الوسطى في المناطق المتدرجة، وهنالك علاقة بين السرعة ونصف قطر المنحنى فكلما زادت السرعة زاد نصف قطر المنحنى والعكس صحيح.

* المرجع رقم ٧

٥-٢ أنواع المنحنيات الأفقية:

هناك أنواع متعددة من المنحنيات التي يمكن استخدامها في وصل الخطوط المستقيمة المتقاطعة وهي :

- المنحنيات الدائرية.
- المنحنيات المتدرجة.

أولا: المنحنيات الدائرية:

وتعرف إما بنصف قطر المنحنى أو بدرجة المنحنى ، ويجب اختيار نصف القطر بحيث يتمشى مع السرعة التصميمية للطريق ومعدل الرفع الجانبي للطريق وهناك أربعة أنواع رئيسية هي :

أ- المنحنيات الدائرية البسيطة Simple Circular Curves:

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

ب- المنحنيات الدائرية المركبة Compound Circular Curves:

حيث يتم وصل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري واحد وذلك بالشروط التالية:

١- أنصاف أقطار هذه الأقواس مختلفة.

٢- الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.

٣- جميع مراكز هذه الأقواس الدائرية في جهة واحدة.

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

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

د- المنحنيات الدائرية العكسية Reversed Circular Curves:

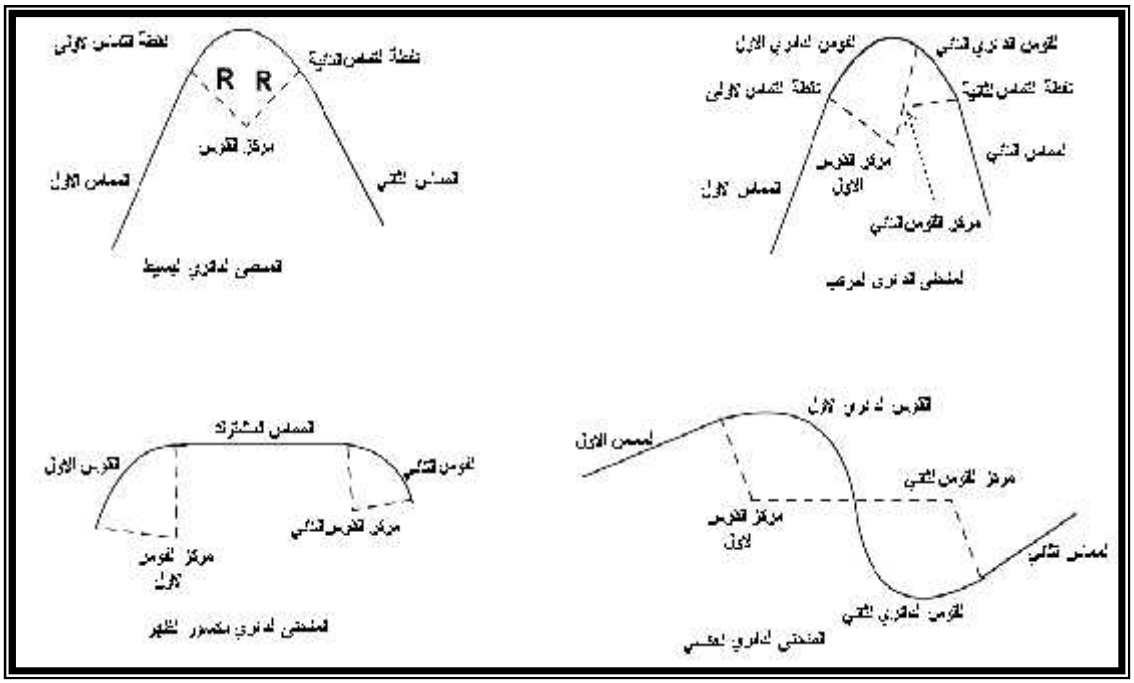
حيث يتم توصيل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري بالشروط التالية:

١ - مراكز الانحناء ليست في جهة واحدة.

٢ - أنصاف أقطار المنحنيات قد تكون متساوية أو مختلفة.

٣ - الأقواس متماسة عند نقاط اتصالها ببعضها.

والشكل التالي يبين الأنواع الأربعة للمنحنيات الدائرية.



شكل رقم (5-2) أنواع المنحنيات الدائرية*

٥-٣ المنحنيات المتدرجة:

وهي على ثلاثة أنواع:

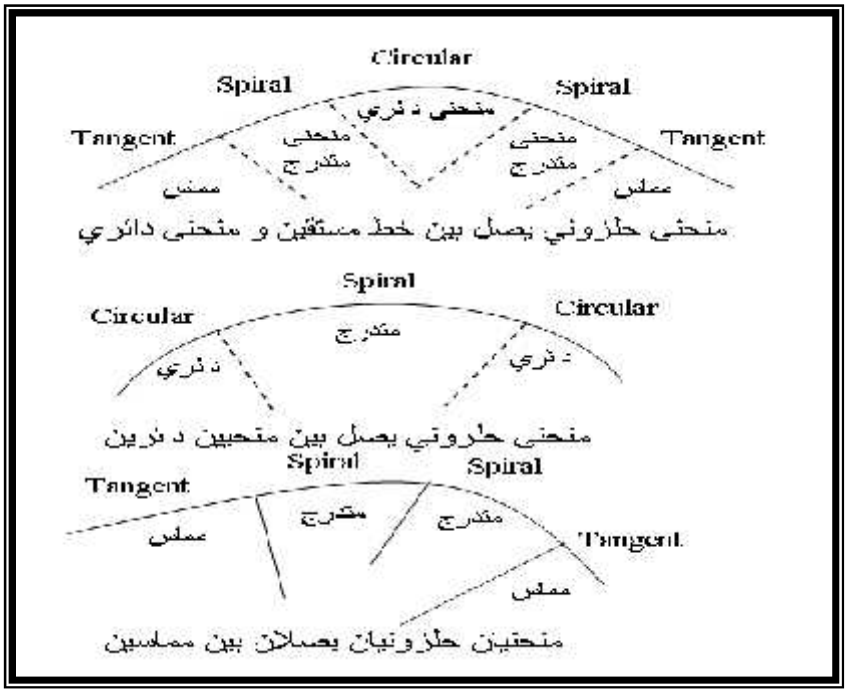
١- منحنى متدرج يصل بين خط مستقيم وآخر منحنى دائري Spiral Between Tangent and Circular Curve.

٢- منحنى متدرج مزدوج يصل بين خطين مستقيمين Double Spiral Between Tangent and Tangent.

٣- منحنى متدرج يصل بين منحنيين دائريين Spiral Between Tow Circular Curves.

والشكل التالي يبين هذه الأنواع المختلفة:

*المرجع رقم ٧ .



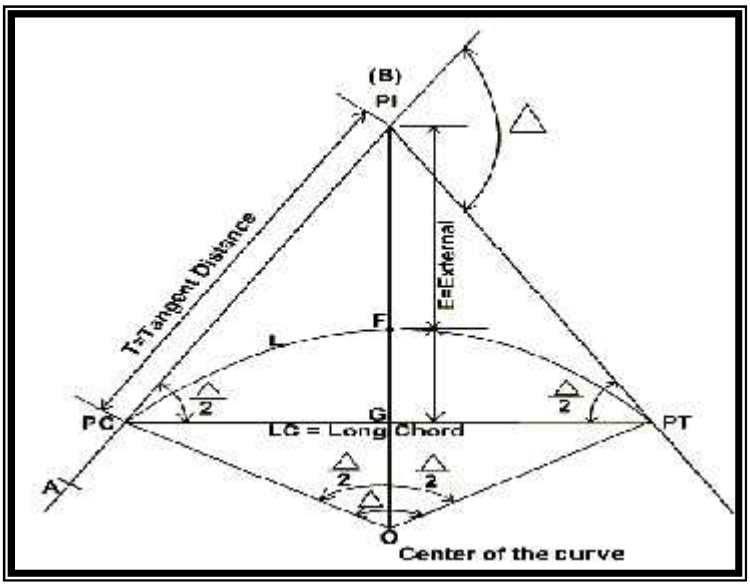
الشكل(5-3) المنحنيات الحلزونية*

٥-٤ تصميم المنحنيات الأفقية:

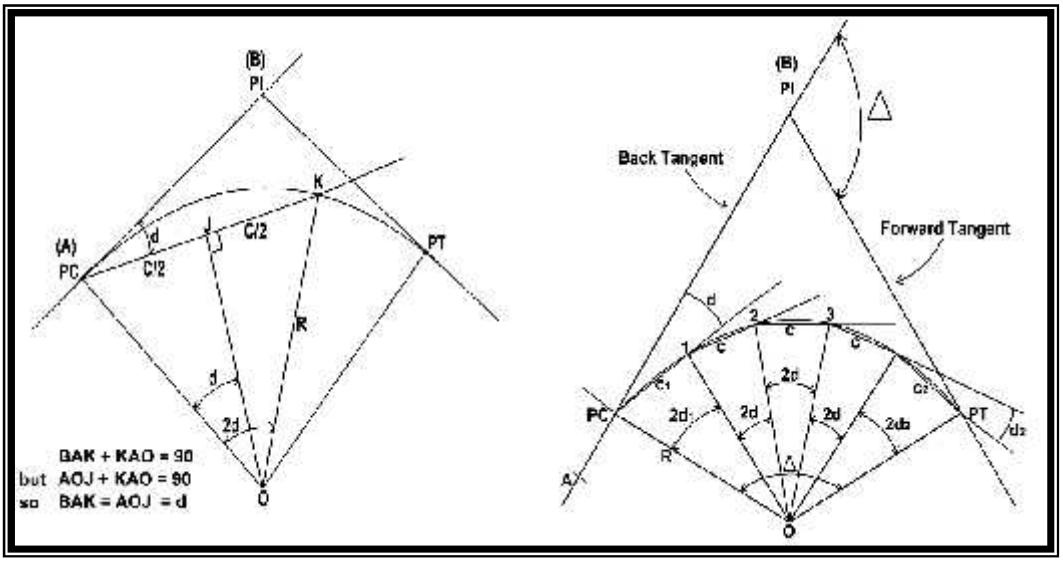
٥-٤-١ تصميم المنحنيات الدائرية البسيطة:

عند تصميم المنحنى الدائري البسيط لا بد من ذكر عناصره ومعادلاته الأساسية؛ والأشكال التالية توضح ذلك.

* المرجع رقم ٧ .



شكل(5-4) عناصر المنحنى الدائري البسيط*



شكل (5-5) الأوتار وزوايا الانحراف الجزئية في المنحنى الدائري البسيط†

* المرجع رقم ٦.
† المرجع رقم ٧.

أولا: عناصر المنحنى الدائري البسيط:

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

وتساوي الزاوية المركزية المنشأ عليها المنحنى الدائري.

- المماسين ويرمز لكل منهما (T) The Two Tangent:

حيث يسمى المماس على الجانب الأيسر لنقطة التقاطع PI بالمماس الخلفي Back Tangent ، و المماس على الجانب الأيمن بالمماس الأمامي Forward Tangent ؛ وذلك إذا كان تقدم العمل المساحي باتجاه اليمين.

- نقطة بداية المنحنى (**PC**) Point of Curvature.
- نقطة نهاية المنحنى (**PT**) Point of Tangency.
- الخط المستقيم الذي يصل بين نقطتي تماس و يطلق عليه الوتر الطويل (**LC**).
- درجة المنحنى Degree Of Curve .
- نصف القطر (**R**) Radius.
- طول المنحنى (**L**) Length of curve .
- المسافة الخارجية(**E**) External Distance ، وهي عبارة عن المسافة بين (**PI**) و بين منتصف المنحنى الدائري.

- سهم القوس(**M**) Middle Ordinate، و هي المسافة بين نقطة منتصف المنحنى وبين نقطة منتصف الوتر الطويل.
- مركز المنحنى ونرمز له (**O**) Curve Center .
- الوتر الجزئي الأول ويرمز له (**C1**)، وهو طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الأولى بأول .

نقطة على المنحنى حيث يلجأ إلى إعطاء طول للوتر الجزء الأول بحيث تصبح محطة النقطة الأولى من المنحنى رقما مدورا مناسبا يقبل القسمة على 20 أو25.

- الوتر الجزئي الأوسط يرمز له (**C**)، وهو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل بين أي نقطتين

متتاليتين على المنحنى ما عدا الأولى والأخيرة، و يكون طوله في العادة رقما مدورا و مناسبا 10٢٠,,25 مترا.

- الوتر الجزئي النهائي (**C2**)، و هو عبارة عن طول الخط المستقيم الذي يصل نقطة التماس الثانية بالنقطة التي تسبقها مباشرة، وحيث يكون طوله مكملا لطول المنحنى.
- زاوية الانحراف الجزئية الأولى (**d1**)، وهي عبارة عن الزاوية الأفقية **المحصورة** بين المماس الأول أو الخلفي و بين الوتر الجزئي الأول وتساوي نصف الزاوية المركزية **المنشأة على الوتر أو القوس الجزئي الأول**.
- زاوية الانحراف الجزئية الوسطى(**d**)، وهي الزاوية الأفقية بين أي وتر جزئي أوسط و بين مماس **المنحنى الدائري** في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي الأوسط.
- زاوية الانحراف الجزئية النهائية (**d2**)، و هي الزاوية الأفقية المحصورة بين الوتر الجزئي النهائي و بين المماس للمنحنى الدائري في نقطة بداية هذا الوتر الجزئي النهائي.

ثانيا: درجة المنحنى :Degree Of Curve

تعرف درجة المنحنى على أنها الزاوية المركزية المنشأة على قوس أو وتر محدد غالبا كما يلي:

١- النظام الإنكليزي (التعريف الوتري) وهي الزاوية المركزية المنشأة على وتر طوله 100 **قدم**.

٢- حسب نظام وزارة الأشغال العامة الأردنية (التعريف القوسي) وهي الزاوية المركزية المنشأة على قوس طوله ٣٠ **متر**.

وهناك علاقة تربط درجة المنحنى بنصف القطر في كلا النظامين وذلك حسب المعادلات التالية:

- حالة النظام الإنجليزي:

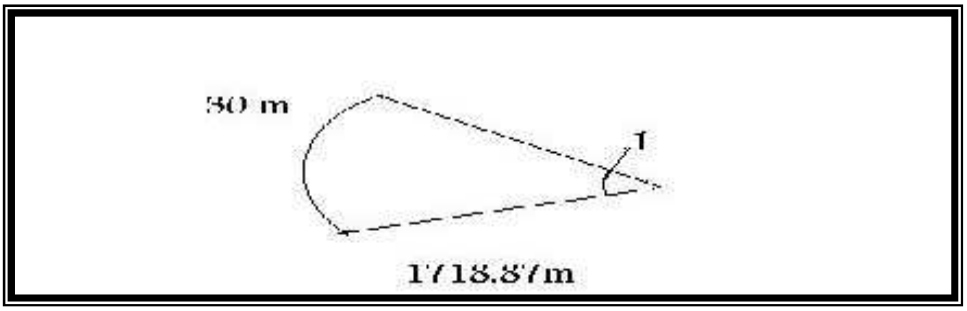
$$\sin\frac{D}{2}=\frac{50}{R}\rightarrow R=\frac{50}{\sin\frac{D}{2}} \quad \text{.....5.1}$$

- حالة وزارة الأشغال العامة:

$$D=\frac{1718.87}{R} \quad \textbf{أو} \quad D=\frac{30\,\Delta}{L} \quad \text{.....5.2}$$

حيث أن **درجة الانحناء** (D) هي تعبر عن طبيعة المنحنى هل هو حاد أو منبسط وكلما قلت قيمتها كلما كان المنحنى منبسطا وكلما كانت كبيرة كلما كان المنحنى حادا كما **في الشكل التالي**:

.



الشكل (5-6) درجة الانحناء*

ثالثا: معادلات المنحنى الدائري البسيط:

١- طول المماس (T)

$$T = R\tan\frac{\Delta}{2} \qquad \text{.....5.3}$$

٢- -المسافة الخارجية (E)

$$E = R(1-\cos\frac{\Delta}{2}) \qquad \text{.....5.4}$$

٣- سهم القوس (M)

$$M = R(\sec\frac{\Delta}{2}-1) \qquad \text{.....5.5}$$

٤- الوتر الطويل(c)

$$c = 2R\sin\frac{\Delta}{2} \qquad \text{.....5.6}$$

* المرجع رقم ٧ .

٥- طول المنحنى (L)

$$L = \frac{® R\Delta}{180} \text{.....} 5.7$$

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:

$$do=1718.873\ Co/R \text{ .....}$$

حيث :

do: زاوية الانحراف الجزئية (بالدقائق).

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

R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).

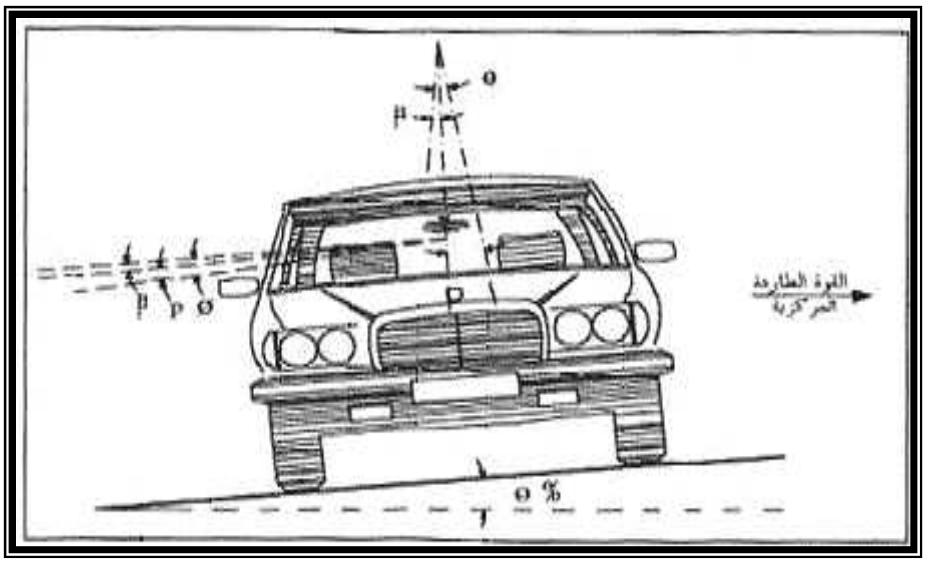
٧- أطوال الأوتار الجزئية(c1,c,c2):

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

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

٥-٥ 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 التالي يوضح ذلك:



شكل رقم (5-7) 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 و قد تؤدي إلى انقلابها.و للتقليل من هذه الأضرار على المنحنيات فيتم 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:

$$e = \frac{(V * 0.75)^2}{127R} \quad \text{.....5.8}$$

حيث:

R= أقل نصف قطر للمنحنى الدائري (بالمتر)
V=سرعة المركبة (كم/ساعة)
f = معامل الاحتكاك الجانبي
e= أقصى معدل رفع جانبي (المتر/المتر)

* المرجع رقم ١٠

ملاحظة: إذا كانت قيمة e أكبر من القيمة المسموح بها و هي e max ، **تقوم** بإدخال قيمة الاحتكاك الجانبي حسب المعادلة التالية:

$$f = \frac{(V * 0.75)^2}{127R} - e(\max).....5.9$$

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

جدول رقم (5-1) قيم معامل **الاحتكاك حسب** السرعة التصميمية*

السرعة التصميمية كم/ساعة	48	46	8	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 ، **فإذا** 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:**

$$V = \sqrt{[127R(e\max + f\max)]}.....5.10$$

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

جدول رقم (5-2) أقصى قيمة رفع جانب †

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

* المرجع رقم ٤
† المرجع رقم ١٠

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

جدول رقم (5-3) 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 مختلطا (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) .†

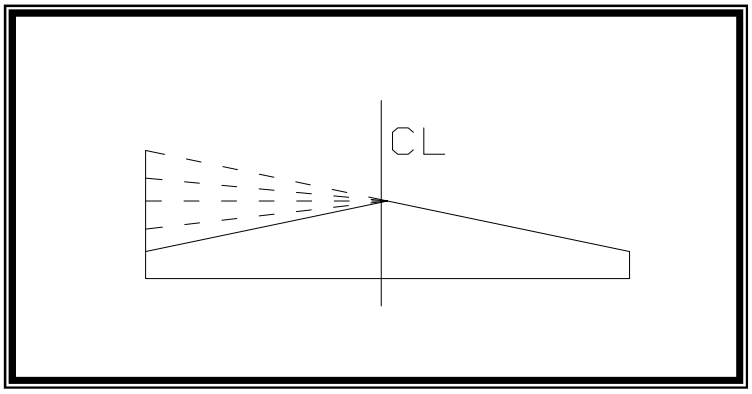
* المرجع رقم ١٠

† المرجع رقم ٣

٥-٥-١ 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 (5-8) 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.

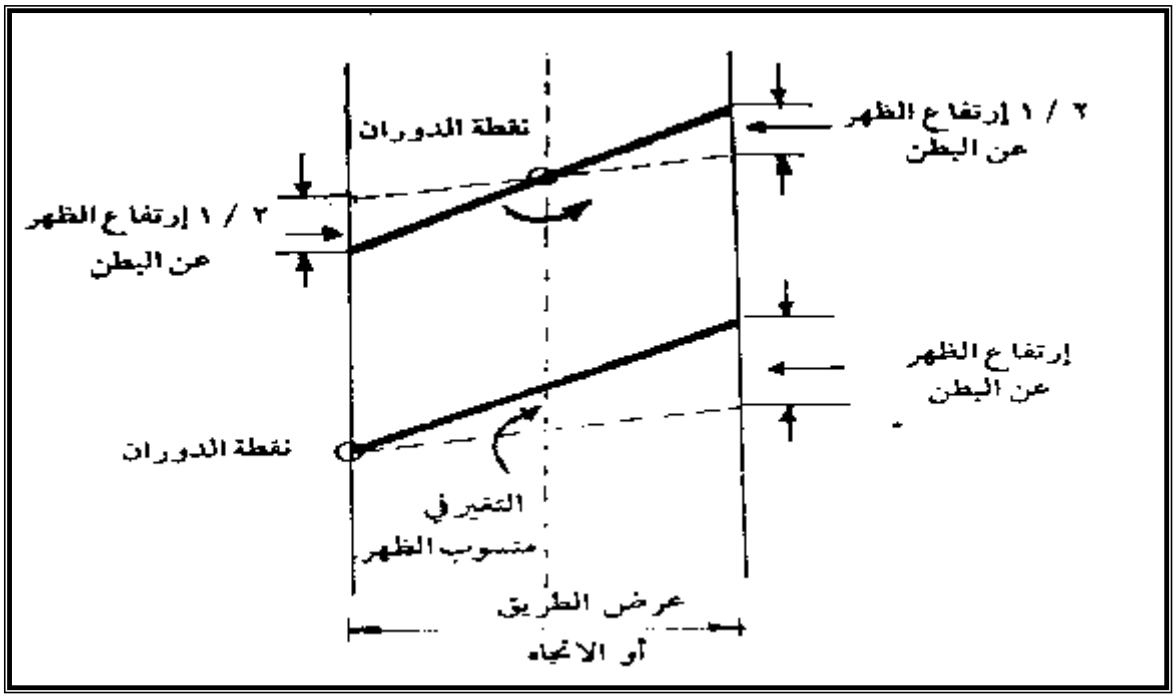
٢ – دوران قطاع الطريق: هنالك طريقتان للوصول إلى الرفع الكلي لظهر المنحنى و هي:

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

* المرجع رقم ٧ .

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 للشكل رقم(5-9) يوضح دوران قطاع الطريق حول محور الطريق و دوران القطاع حول الحافة الداخلية.



شكل رقم(5-9): دوران قطاع الرصف*

٥-٦ المنحنيات الانتقالية Transition Curves

يستخدم المنحنى الانتقالي في جميع المنحنيات الأفقية وتأتي أهمية المنحنى الانتقالي من (اللولبية) بين المماس والمنحنى الدائري لنقل المركبة من طريق مستقيم إلى طريق منحنى وفي المنحنى الانتقالي تتناسب درجة المنحنى مع طول اللولب وتزداد من صفر عند المماس لدرجة المنحنى الدائري عند النهاية. وعلى هذا فمن المستحسن عمل منحنيات انتقالية حتى يمكن للسائق أن يسير في حارته المرورية. فضلاً عن أن المنحنى

[1]:المرجع رقم ٣.

الانتقالي يعطي للمصمم المجال لتطبيق التوسيع و الرفع التدريجي للحافه الخارجية للرصف بمقدار الرفع المطلوب*.

ويتم حساب طول المنحنى الانتقالي من خلال المعادلة التالية:

$$L = \frac{0.0702V^3}{aR} \quad \text{.....5.11}$$

حيث:

L : هي أقل طول للمنحنى المتدرج (متر).

V: السرعة التصميمية (كم/ساعة).

R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).

a : معدل زيادة التسارع القطري (م/ثانية^3).

ملاحظة: تكون قيم a على النحو التالي:

a: ٠.٧٦ م/ث٣ لسرعات حتى ٣٢ كم/ساعة.

a: ٠.٤٦ م/ث٣ لسرعات اكبر من ٩٦ كم/ساعة.

a: $\frac{73}{V+64}$ م/ث٣ لسرعات بين ٣٢- ٩٦ كم/ساعة.*

- **مقدار الإزاحة في القوس الدائري**

وهي ناتجة عن استبدال المنحنى الدائري الأصلي ذو نصف القطر R بمنحنيين متدرجين فقط أو بمنحنيين متدرجين ومنحنى دائري اخر يختلف عن الأصلي. ومقدار هذه الإزاحة تعطى حسب العلاقة التالية:

$$S = \frac{L^2}{24 * R} \quad \text{.....5.12}$$

حيث:

S : مقدار الإزاحة.

L : طول المنحنى المتدرج.

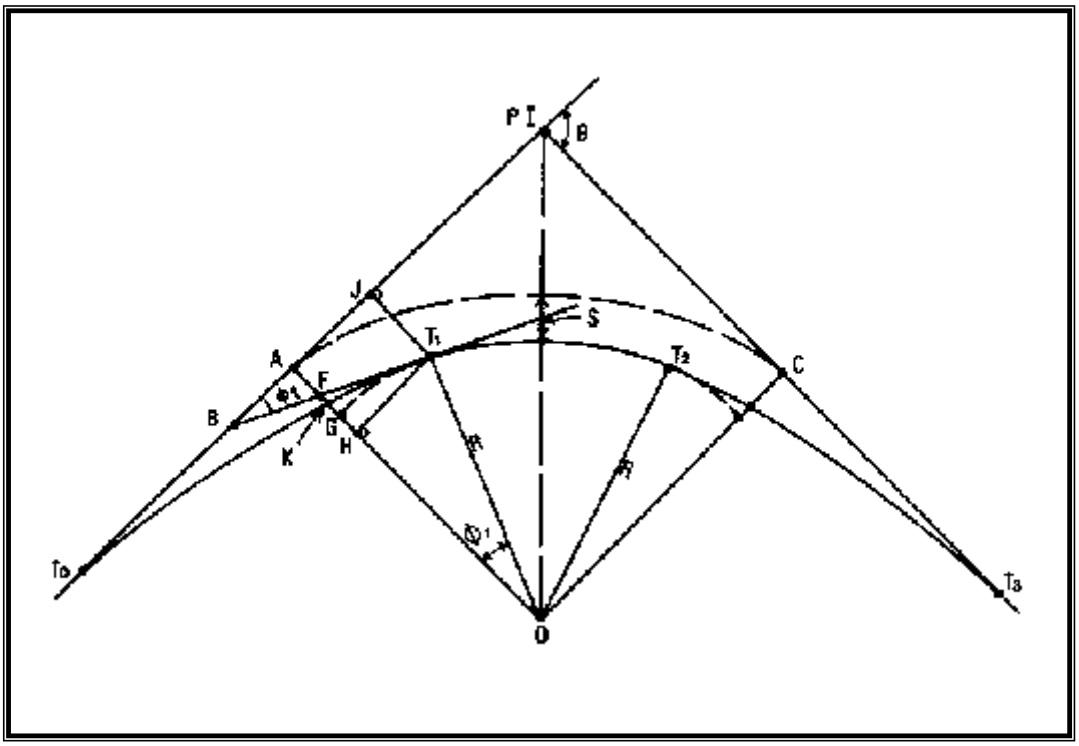
R : نصف قطر المنحنى.

---

* المرجع رقم ٧

* المرجع رقم ٣

و الشكل رقم (5-10) يوضح كيفية إدخال المنحنيين المتدرجين على المنحنى الدائري حيث انه يحدث إزاحة للمنحنى الدائري.



شكل (5-10): الإزاحة في المنحنى الدائري*

- **طول المماس الكلي PT_0 :**

$PT_0 = (R+S) \tan(\Delta/2) + (L/2)$ ……..5.13

ملاحظة: الزاوية (θ) هي نفسها الزاوية (Δ)

* المرجع رقم ٦

- **إيجاد نقطة التماس الأولى T_0 ونقطة التماس الثانية T_1:**

كما هو في الشكل السابق فان محطة نقطة التماس الأولى ومحطة نقطة التماس الثانية هما على النحو التالي:

Chainage of T_0 = Chainage of P – Tangent Length

Chainage of T_1 = Chainage of T_0 + L

- **أطوال الأقواس الجزئية:**

تحدد أطوال الأوتار الجزئية بحيث لا تتعدى المقدار (R/20)، اي أنها تكون نصف اطوال الأوتار الجزئية الخاصة بالمنحنى الدائري، و نختار طولا للقوس الجزئي الأول بحيث تكون محطة النقطة ١ من المنحنى المتدرج رقما مدورا و مناسبا، ثم تتلوها اوتار جزئية متساوية c ، وبالنسبة للوتر الجزئي الأخير يكون طوله مساو لطول المنحنى المتدرج مطروحا منه طول الوتر الجزئي الأول ومجموع أطوال الاوتار الجزئية الوسطية، أي :

$c_2 = L - c_1 - nc$ ……..5.14

- **إيجاد الزوايا الجزئية δ:**

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 \quad \text{(minutes)} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.15$$

ملاحظة: هنا أيضا يتم ايجاد الزاوية المركزية للمنحنى الدائري

$$— ' = — - 2¤ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.16$$

٥-٧ التوسعة على المنحنيات Curve Widening:

عند مرور العربة على المنحنى فان العجل الخلفي يعبر المنحنى 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 (٥-٤) قيم التوسعة عند المنحنيات حسب نصف القطر:

جدول (5-4) 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:

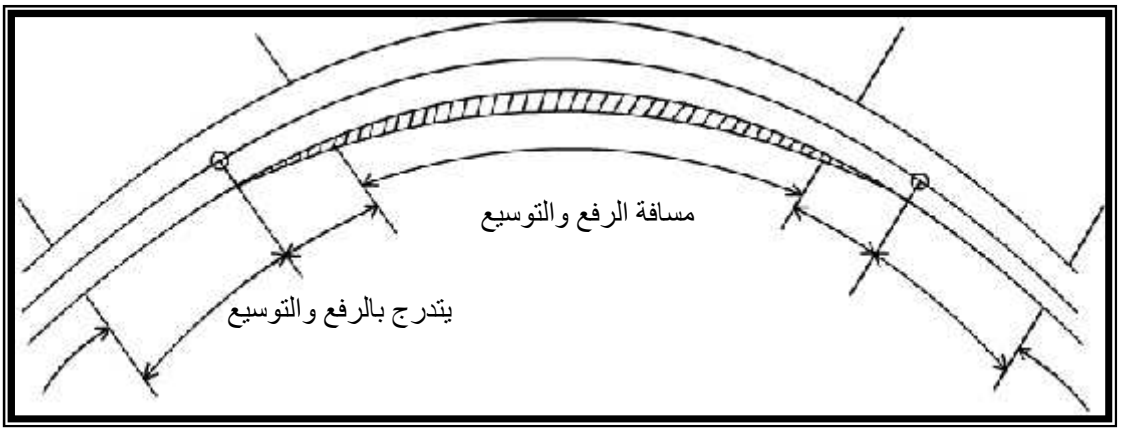
$$W_e = \frac{nI^2}{2R} + \frac{V}{9.5\sqrt{R}} \quad \text{.....5.17}$$

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)

*المرجع رقم ٣.



الشكل(5-11) طريقة توقيع التوسعة للمنحنى*

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

المنحنى الثالث (لوحة رقم(٦):

المعطيات:

نصف قطر المنحنى	R = 200 m
زاوية الأنحراف	Δ = 04° 15’ 52.7202"
طول المنحنى	L = 38 m
طول المماس	T= 7.447 m
محطة نقطة التقاطع	Ch of PI =0+213.414 km + m

أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e) :

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*200}$$

e= 0.055 less than e max.(e_{max}=0.12)

then V = 50 Km/h

*المرجع رقم ١٠

- نحسب الآن التوسعة على المنحنى **widening (w)**

$$W = \frac{4 * I^2}{2 * R} + \frac{V}{9.5 * \sqrt{R}}$$

Where I = 6.1 m

W = (4*6.1*6.1/(2*200)) +(50/(9.5*200^1/2) =0.7443m

ثانيا: حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيسر:

$$L = \frac{V^3}{a * R}$$

Where

$$a = \frac{73}{64 + V} = \frac{73}{64 + 50} = 0.64$$

Then

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64 * 200} = 20.934 \text{ m}$$

ثالثا: حساب الإزاحة (S):

$$S = \frac{L^2}{24 * R} = \frac{20.934^2}{24 * 200} = 0.0913 \text{ m}$$

رابعا: طول المماس الكلي PT_0

$PT_0 = (R+S)\tan(\Delta/2) + (L/2)$

$= (200+0.0913) \tan((04° 15' 52.7202")/2) + (20.934 /2)$

$= 17.891$ m

خامسا: إيجاد نقطة التماس الأولى T_0 و نقطة التماس الثانية T_1

Chainage of T_0 = Chainage of P – Tangent Length

= 0+213.414– 17.891m

= 0+195.523Km+ m

Chainage of T_1 = Chainage of T_0 + L

= 0+195.523+ 20.934

= 0+216.457 m

سادسا: أطوال الأقواس الجزئية

R/40 = 200/ 40 = 5

نختار طولا للقوس الجزئي الأول بحيث تكون محطة النقطة ١ من المنحنى المتدرج رقما مدورا و منلسبا، وبما أن محطة نقطة التماس T_0 كانت 195.523 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

C_1 =200-195.523= 4.477m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 3 و بطول 4 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

c_2 = L – c_1 - nc

= 20.934-3*4-4.77 = 4.457 m

So we have

c_1 = 4.447m

c = 4 m

c_2 = 4.457 m

سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ

$$\delta = \left(\frac{1800}{\text{®} * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{\text{®} * 200 * 20.934}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ degree

و عليه نرتب الجدول التالي الذي يظهر الحلول للمنحنى المتدرج الأيسر

Point #	Chord (m)	l (m)	Chainage (m)	Total Deflection angle
T_0	0	0.0	195.523	0.0
1	4.477	4.477	200	0 2 44.52
2	4	8.477	204	0 9 50.25
3	4	12.477	216	0 21 18.72
4	4	16.477	220	0 37 10.3
T_1	4.457	20.934	224.457	0 59 59.64

ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:

أ- الزاوية المركزية للمنحنى θ'

04° 15’ 52.7202"

ب- طول المنحنى الدائري L'

$$L' = \frac{® * R * ¯}{180} = \frac{® * 200 * 4.2646445}{180}$$

$$= 14.886 \text{ m}$$

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$$R / 20 = 200 / 20 = 10 \text{ m}$$

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 10 m، و نختار طول القوس الجزئي الأول بحيث تصبح محطة النقطة الاولى (l) رقما مدورا و مناسبا و حيث أن محطة نقطة التماس T_1 و التي تبق مباشرة النقطة (l) من المنحنى الدائري وتساوي 224.457 m ، إذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$$c_1' = 230-224.457= 5.543$$

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى(C) فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 6 m وعددها 1

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري c_2' فطوله يساوي

$$c_2' = 14.886-1*6-5.543= 3.343 \text{ m}$$

د- زوايا الانحراف الجزئية:

$$\delta' = 1718.87*(c/R)$$

For $c_1' = 5.543$

$\delta' = 1718.87 *(7.69/250) = 47.0156\text{min} = 00\ 47\ 38$

For $c' = 6$ m

$\delta' = 1718.87 *(6/200)/60 = 00\ 51\ 33.97$

For $c_2' = 3.343$

$\delta' = 1718.87 *(3.343 /200)/60 = 00\ 28\ 43.85$

و عليه نرتب الجدول التالي

Point #	Chord (m)	L (m)	Chainage (m)	Total Deflection Angle
T_1	0.0	0.0	224.457	00 00 00
1	5.543	5.543	230	00 47 38
2	6	11.543	236	1 39 11.97
T_2	3.343	14.886	239.343	2 7 55.82

تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن

أ- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 20.934 m m

كما أن الإزاحة shift وطول المماس PT_3 هي نفسها أيضا أي

Tangent length $PT_3 = 17.891$ m

$s = 0.0913$ m

ب- محطة نقطة التماس T_3 وتساوي :

Chainage of T_3 = Chainage of T_2 + L

= 3+28.555m

ج- أطوال الأوتار الجزئية :

يجب أن يكون طول الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن، بحيث يجعل نقطة التماس T_2 رقما مدورا و مناسب، لذلك يكون الوتر الجزئي الأول مساويا ل :

$R/40 = 200/ 40 = 5$

نختار طولا للقوس الجزئي الأول بحيث تكون محطة النقطة ١ من المنحنى المتدرج رقما مدورا ومنسبا، وبما أن محطة نقطة التماس T_0 كانت 195.523 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

C_1 =200-195.523= 4.477m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 3 و بطول 4 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 20.934-3*4-4.77 = 4.457$ m

So we have

$c_1 = 4.447$m

$c = 4$ m

$c_2 = 4.457$ m

سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ

$$\delta = \left(\frac{1800}{\pi * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{\pi * 200 * 20.934}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ degree

و عليه نرتب الجدول التالي الذي يظهر الحلول للمنحنى المتدرج الأيسر

Point #	Chord (m)	l (m)	Chainage (m)	Total Deflection angle
T_0	0	0.0	195.523	0.0
1	4.477	4.477	200	0 2 44.52
2	4	8.477	204	0 9 50.25
3	4	12.477	216	0 21 18.72
4	4	16.477	220	0 37 10.3
T_1	4.457	20.934	224.457	0 59 59.64

التخطيط الرأسي

5-8 مقدمة:

يتكون التخطيط الرأسي للطرق من سلسلة من الميول الطولية متصلة مع بعضها بمنحنيات رأسية. ويتحكم في التخطيط الرأسي عوامل الأمان و التضاريس ودرجة الطريق والسرعة التصميمية والتخطيط الأفقي وتكلفة الإنشاء وخصائص المركبات وصرف الأمطار. ويجب أن يكون مدى الرؤية في جميع أجزاء القطاع الطولي مستوفيا لأقل مسافة لازمة للتوقف (ليس التجاوز) حسب السرعة التصميمية الموافقة لدرجة الطريق.

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

5-9 اختيار الانحدارات:

إن تصميم الطريق بالمستوى الرأسي يعني اقتراح خطوط لمحور الطريق المنوي تصميمها حتى يتم استبدال محور الأرض الطبيعية المتعرج بمحور جديد يتألف من خطوط تهبط وتصعد حيث يدخل بينها منحنيات رأسية. وفي النهاية يتم التوصل إلى محور جديد مؤلف من خطوط تصل بينها منحنيات.

و هنالك عدة عوامل تتحكم بالانحدار وهذه العوامل هي :

- طبيعة الأرض (وعرة، متعرجة، سهلة، منتظمة الميل.....الخ)
- السرعة التصميمية.
- طبيعة السير ونوع السيارات وأحجامها.
- تربة الطريق من حيث ثباتها وقوة تحملها.
- ميزانية المشروع والوضع الاقتصادي للبلد

في ما يتعلق بالسرعة التصميمية و طبوغرافية الأرض فإن قيم الانحدار تكون كما هي مبينة في الجدول التالي:

جدول (5-0) : الانحدار حسب السرعة وطبوغرافية الأرض* .

منطقة جبلية %	منطقة تلالية %	منطقة منبسطة %	السرعة التصميمية كم/ساعة
9	7	6	50
8	6	5	65
7	5	4	80
6	4	3	90
6	4	3	100
5	4	3	110
-	4	3	120
-	4	3	130

٥-١٠ الطول الحرج (Critical Length):

إن لكل انحدار طولا حرجا (Critical Length) وهو أقصى طول على انحدار تستطيع الشاحنة المحملة استعماله والبقاء عليه دون أن تحدث انخفاضا غير معقول في سرعتها، ويكون الانخفاض المقبول في السرعة عادة ٢٥ كم /ساعة فقط، وطبقا لذلك فإن الطول الحرج يتناسب مع الانحدار كمايلي:

الجدول(٥-٦) العلاقة بين الطول الحرج والانحدار†

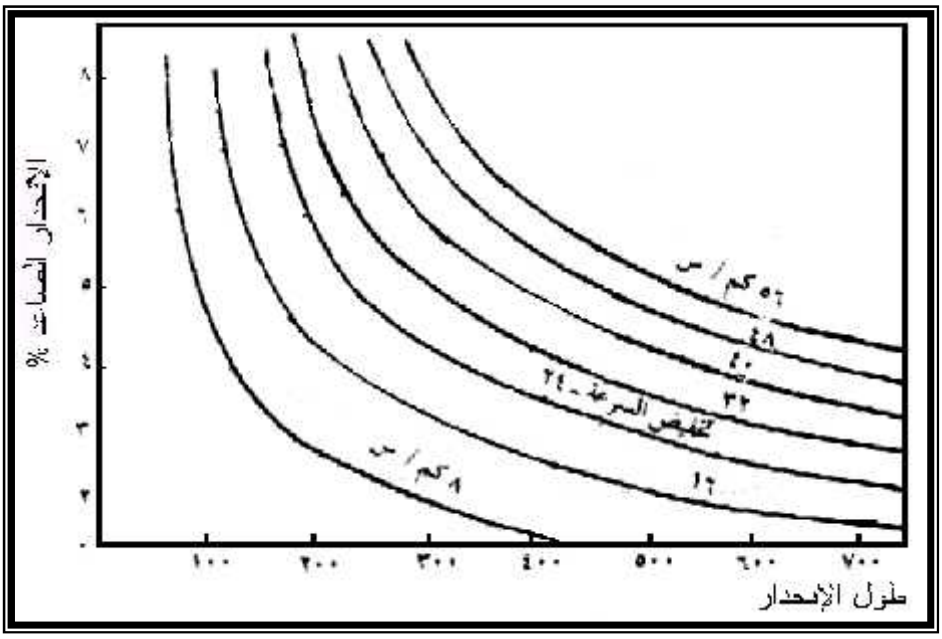
الانحدار	%٢.٥	%٣	%٤	%٥	%٦	%٧	%٨
الطول الحرج(متر)	٧٠٠	٤٧٥	٣٢٥	٢٥٠	٢٠٠	١٧٥	١٦٠

إن هذا يعني أن الشاحنة المحملة التي تصعد على طريق منحدرة بنسبة ٢.٥% تستطيع أن تبقى على هذا الطريق لمسافة تصل الى ٧٠٠ متر دون أن تنخفض سرعتها أكثر من ٢٥ كم/ساعة، حيث يجب بعد هذا الطول

* المرجع رقم ٦
† المرجع رقم ٢

أن تصبح الطريق اقل انحدرا من ٢.٥%، فإذا زاد طول الطريق بالانحدار المحدد عن الطول الحرج فان سرعة الشاحنة تنخفض بشكل كبير.وإذا أردنا ألا تنخفض سرعة السير الذي يسير خلف الشاحنة بشكل غير معقول، فانه لابد من توسيع الطريق وتخصيص مسرب إضافي لهذه الشاحنة ولأمثالها يسمى مسرب الصعود تلجأ إليه الشاحنات فتفسح بذلك مجالا للسيارات الأخرى للسير بحرية بدلا من التسبب بعرقلة سيرها، وبشكل عام فإن الطرق الرئيسية تزود بمسرب صعود إذا زاد انحدار الطريق عن 0% وتجاوز طول هذا الانحدار الطول الحرج.

والمنحنيات الموضحة بالشكل (٦-١) والتي وضعتها AASHTO تبين العلاقة بين الطول الحرج للمنحدر ومقدار الانحدار للسرعات المختلفة.

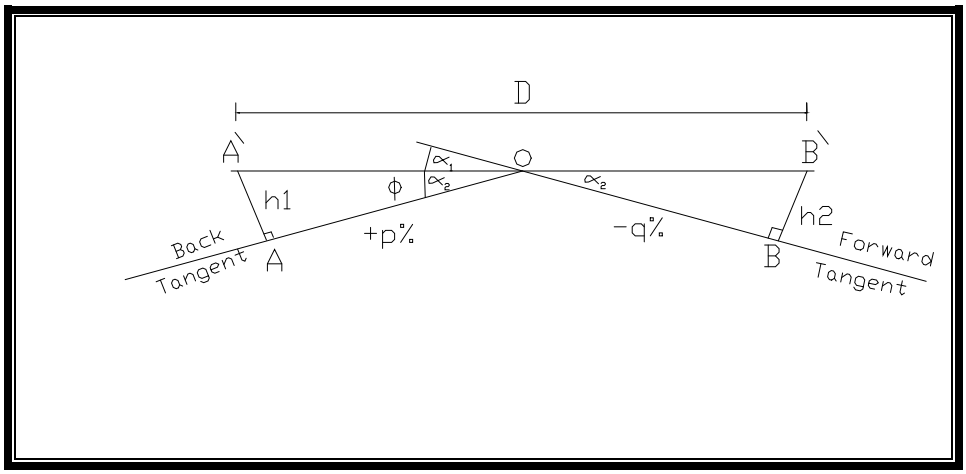


شكل (5- ١٢): الطول الحرج*

* المرجع رقم ٧

٥-١١شروط الانحناء في المقطع الطولي Curvature Conditions:

هناك حالات يتوجب فيها أن توصل الأجزاء المستقيمة المتتالية والمشكلة للمقطع الطولي بمنحنيات وصل. وذلك موضح بالشكل التالي:



شكل رقم (٥-١٣) جزء من مقطع طولي لطريق*

الشكل يوضح جزء من مقطع طولي لطريق معين، فيه المماس الخلفي AO وميله p% و المماس الأمامي OB وميله q% ويشكلان فيما بينهما زاوية مقدارها .. فإذا افترضنا أن ارتفاع عين السائق عن الأرض يساوي h1 ويتراوح بين (١.٢٥- ١.٣٥) متر وكذلك إذا رمزنا بـ h2 لارتفاع حاجز ما عن الأرض وقد يكون ثابتا أو متحركا (سيارة قادم بالاتجاه المعاكس) فإنه يمكننا كتابة العلاقات التالية:

* المرجع رقم ٧

(الزاوية $\sim_1$ صغيرة عادة)

$$O\overline{A} = \frac{h1}{\sin \sim_1} \cong \frac{h1}{\sim_1}$$

$$O\overline{B} = \frac{h2}{\sin(¨ - \sim_1)}$$

$$\overline{A}\overline{B} = \frac{h1}{\sim_1} + \frac{h2}{¨ - \sim_1}$$

وعليه فان المسافة التي يستطيع السائق خلالها رؤية الحاجز **أو** السيارة المتحركة هي:

$$D = \frac{h1}{\sim_1} + \frac{h2}{¨ - \sim_1}$$

لإيجاد القيمة العظمى لـ $\sim_1$ نشتق المعادلة السابقة ونساويها بالصفر، وبافتراض أن قيمة h1 =h2=h ينتج لدينا المعادلة التالية :

$$¨ = \frac{4h}{D} \text{.....5.18}$$

حيث:

h: ارتفاع عين السائق عن الأرض .

D: مسافة الرؤية.

¨ : الزاوية المحصورة بين المماس الأمامي و المماس الخلفي (راديان).

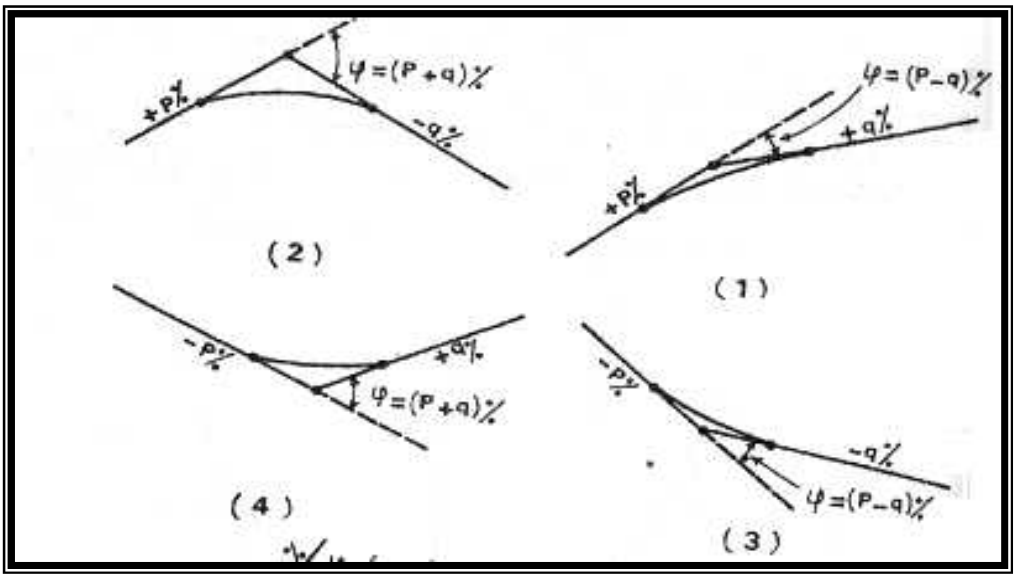
إن قيمة ¨ الناتجة من المعادلة السابقة هي القيمة العظمى لـ ¨ التي يمكن ضمنها تحقيق الرؤية دون اللجوء لمنحنى رأسي.

٥-١٢ إشارة الميل وزاوية التدرج:

في المنحنيات الرأسية يتم اعتبار المماس الذي يعلو جهة اليمين موجبا و المماس الذي ينحدر جهة اليمين سالبا، و تعتبر زاوية التدرج هي الفرق الجبري بين الميلين للمماسين. و هناك حالات يكون فيها المماسان باتجاه واحد

عندها تكون زاوية التدرج للمنحنى الرأسي مساوية $(p-q)\%$. و في الحالة التي يكون فيها المماسان باتجاهين مختلفين تكون زاوية التدرج للمنحنى الرأسي مساوية $(p+q)\%$.

والشكل التالي يبين الحالات الأربع للمماسين:



الشكل (٥-١٤) الحالات الأربع لفرق الميل وزاوية التدرج*

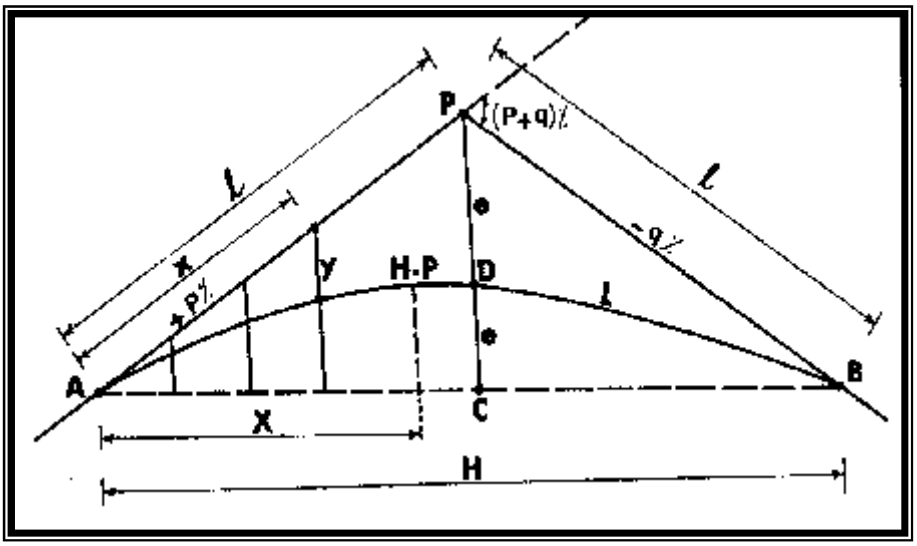
٥-١٣ انتقاء المنحنى الرأسي Selection Of Vertical Curve:

يجب أن تكون المنحنيات الرأسية سهلة الاستخدام وتهيئ تصميماً مأموناً ومريحاً في التشغيل ومقبولاً في الشكل كافياً في تصريف المياه. وأهم مطلب في المنحنيات الرأسية المحدبة هو أن تعطينا مسافات رؤية كافية للسرعة التصميمية وفي جميع الحالات يجب أن تتوفر مسافة رؤية للتوقف تكون مساوية للحد الأدنى أو أكبر منها .ويستخدم القطع المكافئ في المنحنيات الرأسية لسهولة حساباته وبساطة توقيعه في الطبيعة.

* المرجع رقم ٧.

٥-١٤ عناصر المنحنى الرأسي:

هناك نوعان من المنحنيات الرأسية؛ النوع الأول يسمى منحنى رأسي تلالي حيث يكون التقعر للأعلى، والنوع الثاني هو منحنى رأسي قاعي؛ حيث يكون التقعر للأسفل ويشترك النوعان بنفس بالعناصر حيث يوضح الشكل التالي عناصر المنحنى الرأسي وهي:



الشكل (٥-١٥) عناصر المنحنى الرأسي*

- **طول المنحنى الرأسي** (L) ويساوي مجموع طولي المماسين الخاصين بهذا المنحنى.
- **طول المماس الخلفي أو الأمامي**. l
- ميل المماس الأول الخلفي. p
- ميل المماس الثاني الأمامي. q
- **وتر المنحنى** (AB)، ويساوي مسقطه الأفقي (H) ويساوي أيضا مجموع طولي المماسين أي يساوي طول المنحنى الرأسي (L).
- الخط الرأسي المار من نقطة تقاطع المماسين بنصف الوتر(AB) ويكون$PD=DC=e$، حيث (C) تمثل نقطة منتصف الوتر و (D)

* المرجع رقم ٦

تمثل نقطة تقاطع الخط الرأسي مع المنحنى وهذه النقطة تكون أعلى أو اخفض نقطة في المنحنى في حالة المنحنيات المتناظرة التي يتساو فيها ميلي المماسين، وفي حالة المنحنيات غير المتناظرة فإن أعلى أو اخفض نقطة من المنحنى تكون على مسافة أفقية مقدارها(X) من النقطة (A).

- أطوال الأعمدة المأخوذة على المماس تتناسب مع مربعات المسافات المأخوذة أيضا على المماس مقاسه من (A) بالنسبة للماس الخلفي أو من (B) بالنسبة للماس الأمامي؛ حسب المعادلة التالية:

$$y = ax^2 \text{.....5.19}$$

حيث أن قيمة a تعتمد على كون المماسين في نفس الاتجاه أو في اتجاهين مختلفين كما يلي:

أ) حالة كون المماسين في اتجاهين مختلفين (الحالتين ٢ و٤ في الشكل ٦-٣) تكون قيمة a كما في المعادلة التالية :

$$a = \frac{p+q}{400l} \text{.....5.20}$$

حيث تصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = \frac{p+q}{400\ l} x^2 \text{.....5.21}$$

وكذلك يمكن إيجاد هذه المعدلة بدلالة e حيث أنها تساوي

$$e = \frac{p+q}{400} l \text{.....5.22}$$

فتصبح معدلة القطع المكافئ

$$y = e(\frac{x}{l})^2 \text{.....5.23}$$

ب) حالة كون المماسين في نفس الاتجاه (الحالتين ١ و٣ في الشكل ٦-٣) تكون قيمة a كما في المعادلة التالية:

$$a = \frac{p-q}{400l} \text{.....5.24}$$

حيث تصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = \frac{p-q}{400\ l} x^2 \text{.....5.25}$$

وكذلك يمكن إيجاد هذه المعدلة بدلالة e حيث أنها تساوي

$$e = \frac{p-q}{400} l \text{.....5.26}$$

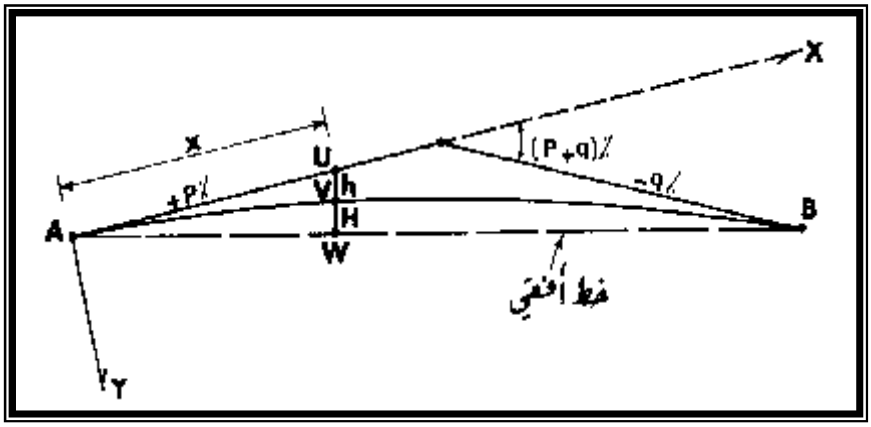
فتصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = e(\frac{x}{l})^2 .....5.27$$

5-10 تحديد موقع أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى الرأسي:

5-10-1 حالة كون المماسين في اتجاهين مختلفين أي ميل أحداهما موجب والآخر سالب:-

إن موقع أعلى أو اخفض نقطة في حالات المنحنيات الراسية المتماثلة هو نقطة تقاطع الخط الرأسي المار بنقطة تقاطع مماسي المنحنى مع المنحنى الرأسي.أما في المنحنيات الرأسية غير المتماثلة فيمكن تحديده كمايلي ، بالنظر للشكل التالي الذي يمثل منحنى رأسي غير متماثل تختلف فيه اشاره مماسيه.



الشكل (5-١٦) موقع أعلى أو اخفض نقطة لمنحنى رأسي غير متماثل اشاره ميل مماسيه مختلفة *

بفرض أن أعلى نقطة في المنحنى الرأسي هي النقطة (V) وأنها تبعد مسافة أفقية (X) عن نقطة التماس (A)، كذلك (h) هو البعد الرأسي بين النقطة (U) والقطة (V) ، و (H) هو البعد الرأسي بين القطة (V) وبين النقطة (W) .

* المرجع رقم ٧ .

البعد الأفقي لأعلى أو اخفض نقطة من المنحنى الراسي غير المتماثل والذي إشارة ميل مماسيه مختلفة هو

$$X = \frac{pL}{p+q} \quad \text{.....5.28}$$

حيث:

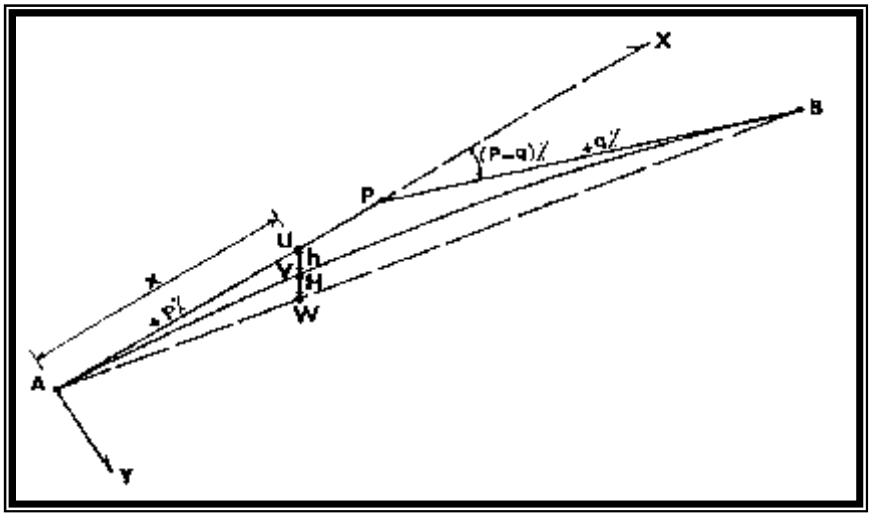
p : ميل المماس الأول الخلفي الموجب.

q : ميل المماس الثاني الأمامي السالب.

L : طول المنحنى الرأسي

٥-١٥-٢ حالة كون المماسين في اتجاه واحد (أي ميل كلا مماسيه إما موجب أو سالب):-

حسب الشكل التالي الذي يوضح منحنى رأسي غير متماثل إشارة ميل مماسيه غير مختلفة



الشكل (٥-١٧) موقع أعلى أو اخفض نقطة لمنحنى رأسي غير متماثل اشاره ميل مماسيه غير مختلفة *

البعد الأفقي لأعلى أو اخفض نقطة من المنحنى الراسي غير المتماثل والذي إشارة ميل مماسيه غير مختلفة هو

$$X = \frac{pL}{p-q} \quad \text{.....5.29}$$

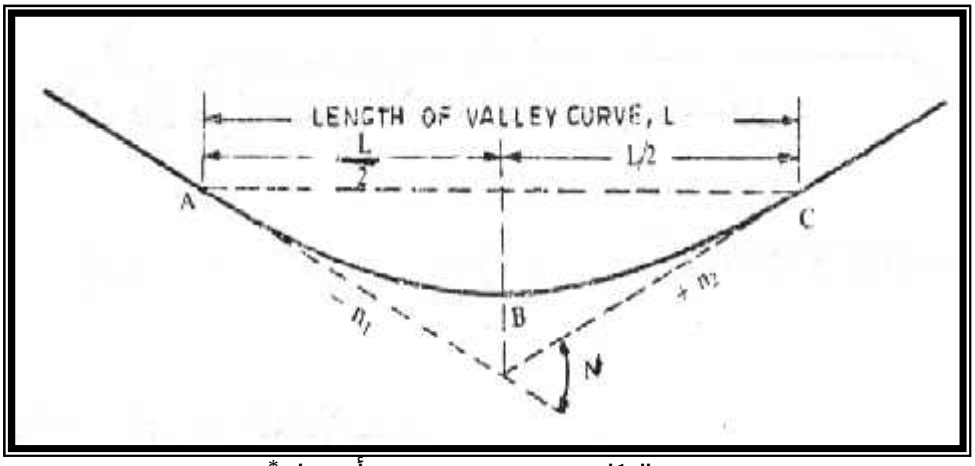
* المرجع رقم ٧

٥-١٦ العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي:

من العوامل الأساسية المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي مايلي:

أ)القوة الطاردة المركزية وراحة المسافرين (Centrifugal Force and Comfort Of Passengers):

حيث يتم تصميم المنحنيات الراسية (القاع) على أساس توفير راحة المسافرين، حيث يحدد الطول على أساس التغير في تسارع القوة الطاردة المركزية وتساوي ٠.٦م/ث^{٣}، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (٥-١٨) فان طول منحنى الاستدارة السفلي ABC والذي يساوي L حيث AB ، BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقال .



الشكل رقم (٥-١٨) منحنى رأسي قاع*

$$Ls = \frac{L}{2} \quad \text{.....6.13}$$

$$L = 2\left[\frac{N.V^3}{C}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....5.30}$$

حيث:

V : السرعة التصميميةم /ث .

C : معدل التغير في تسارع في القوة الطاردة المركزية ويساوي ٠.٦م /ث^{٣} .

* المرجع رقم ٣

N : زاوية انحراف المماسين .

$$I_{\max} = \left[\frac{200 \times N \times V^2}{g \times L} \right]\% \quad \text{.....5.31}$$

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

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

ب) مسافة الرؤية (Sight or Vision Distance):

يتعين أقل طول للمنحنيات الرأسية تبعاً لاحتياجات مسافة الرؤية لكي تكون مقبولة بوجه عام من ناحية الأمان والراحة والمنظر. ولتعيين أقل انحناء لمنحنى فيتم اعتبار أن ارتفاع عين السائق (١.٢٥-١.٣٥)م من سطح الرصف على أن يكون ارتفاع الجسم المرئي حوالي ١٥سم في حالة مسافة الرؤية للوقوف و١.٣٠ م في حالة مسافة الرؤية للتجاوز.

١- مسافة الرؤية لمنحنى رأسي محدب (Crest Curve):

- عندما يكون طول المنحنى أكبر من مسافة الرؤية للتوقف L>S.S.D .

حيث أن المعادلة العامة لطول المنحنى هي:

$$L = \frac{N * S^2}{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2} \quad \text{.....5.32}$$

حيث:

L: طول منحنى القمة الرأسي (م).

S: مسافة الرؤية للتوقف (م).

N: زاوية الانحراف وتساوي الفرق الجبري بين الإنحدارين.

H: ارتفاع خط نظر السائق (م) وعادة تؤخذ (1.20).

h: ارتفاع عائق عن سطح الأرض وتؤخذ عادة (0.10م).

إذا تصبح المعادلة السابقة كالتالي:

$$L = \frac{N * S^2}{4} \text{.....5.33}$$

- عندما يكون طول المنحنى الرأسي أقل من مسافة الرؤية للتوقف L<S.S.D.

$$L = 2 * S - \frac{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2}{N} \text{.....5.34}$$

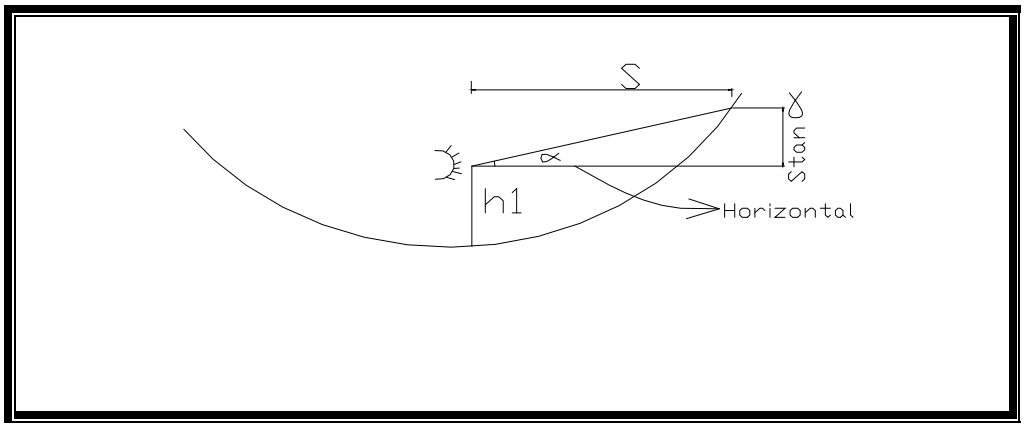
وبتعويض قيم H و h تصبح المعادلة :

$$L = 2 * S - \frac{4}{N} \text{.....5.35}$$

٢- مسافة الرؤية لمنحنى رأسي مقعر (Sag Curve)

خلال السياقة في الليل في منحنيات القاع فإن الرؤيا تعتمد على (head light of the vehicles) وذلك عندما تكون الإضاءة على الشارع غير كافية أو غير موجودة أصلا.

والشكل (٥-١٩) يوضح شروط مسافة الرؤية لمنحنى راسي قاع.



شكل رقم(٥-١٩) شروط الرؤية لمنحنى راسي قاع(المرجع رقم ٣)

1) L > S.S.D.

فيكون طول المنحنى حسب العلاقة التالية :

$$L = \frac{N * S^2}{(2h_1 + 2S\tan\sim)} \quad \text{.....5.36}$$

حيث:

h1: 0.75 m .

α: The beam angle = 1.

L: Total length of valley curve (m) .

N: Deviation angle .

S: S .S .D

بعد تعويض قيم السابقة تصبح المعادلة السابقة كمايلي :

$$L = \frac{N * S^2}{(1.5 + 0.035S)} \quad \text{.....5.37}$$

2) L < S .S .D .

$$L = 2 * S - \frac{(1.5 + 0.035S)}{N} \quad \text{.....5.38}$$

٥-١٧ اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي:

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

١. يجب أن يكون الهدف هو الحصول على منسوب تصميمي طولي سهل ذي تغييرات تدريجية تتمشى مع نوع الطريق أو درجته وكذا طبيعة الأرض فإن ذلك أفضل من مناسيب تكثر فيها الانكسارات والأطوال الانحدارية القصيرة وحقيقة أن هناك قيماً تصميمية خاصة بالانحدارات القصوى والطول الحرج لكل انحدار، إلا أن طريقة تطبيق ذلك وتهيئته مع طبيعة الأرض في مناسيب مستمرة هي التي تحدد صلاحية العمل المنتهي وشكله الأخير.

٢. يجب اجتناب التخطيط الرأسي المتموج أو ذي الانخفاضات المحجوبة ويصادفنا هذا المنظر الطولي عادة في التخطيطات الأفقية القريبة من الاستقامة عندما تعمل المناسيب الطولية لسطح الطريق متفقة في الشكل إلى حد بعيد مع الأرض الطبيعية **المتموجة**. وليس ذلك سيئ **المنظر فحسب**، بل إنه خطر أيضا فالانخفاضات المحجوبة تسبب الحوادث في عمليات **التجاوز**، حيث يخدع السائق المتجاوز بمظهر الطريق فيما وراء المنخفض ويظن الطريق خالياً من السيارات **المضادة**. بل وفي المنخفضات قليلة العمق فان مثل هذا التموج الطولي يوجد عدم الاطمئنان عند السائق لأنه لا يمكنه الجزم بوجود أو عدم وجود مركبة مقبلة يحتمل اختباؤها خلف الجزء **المرتفع**. وهذا النوع من التخطيطات الطولية يمكن تجنبه بعمل انحناء أفقي أو تغيير الانحدارات تدريجيا بمعدلات خفيفة وذلك ممكن بزيادة أعمال الحفر **والردم**.

٣. يجب اجتناب التخطيط الطولي المنكسر الانحناء (انحنائين رأسيين في نفس الاتجاه يفصلهما مماس قصير) وخاصة في المنحنيات المقعرة التي يكون فيها المنظر الكامل للانحنائين **معاً** غير **مقبول**.

٤. من المفضل في الانحدارات الطويلة أن تكون الانحدارات الشديدة في الأسفل ثم يقل الانحدار قريباً من القمة أو يتجزأ الانحدار المستمر بإدخال مسافات قصيرة تكون الميول أقل فيه بدلاً من أن يعمل انحدار كامل منتظم ، وقد لا يكون أخف من الحد الأقصى المسموح به إلا بقليل ، ويعتبر ذلك ملائماً بصفة خاصة لحالة الطرق ذات السرعة التصميمية المنخفضة .

٥. عند وجود تقاطعات مستوية في أجزاء من الطرق ذات انحدار يتراوح بين متوسط وشديد فيحسن تخفيض الانحدار خلال **التقاطع**. هذا التعديل في الانحدار مفيد لكافة المركبات التي تقوم بالدوران ويؤدي إلى تقليل احتمالات **الخطر**.

٦. يجب تجنب المنحنيات المقعرة **في مناطق الحفر إلا في حالة توفر نظام صرف كافي**.

٥- ١٨ الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي:

يجب ألا يكون التصميم في كل من الاتجاه الأفقي والرأسي مستقلاً عن الآخر فكلٌ منهما يتمم الآخر. ولو أسيء الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي فإن ذلك يضر بالمزايا الموجودة فيهما ويزيد ما بهما من عيوب. ونظراً لأن التخطيط الأفقي والرأسي هما من أهم العناصر الدائمة في تصميم الطرق فيجب دراستها **دراسة كاملة**. إذ أن البراعة في تصميمها والجمع بينهما يزيد الفائدة والأمان ويدعو إلى **انتظام السرعة** ويحسن النظر ويتحقق كل ذلك في غالب الأحيان دون زيادة في التكاليف.

والتوافق الجيد بين التخطيط الأفقي والرأسي يمكن الحصول عليه بالدراسة الهندسية ومراعاة الاعتبارات العامة التالية:

١. يجب أن يكون هناك توازن جيد بين المنحنيات الأفقية والانحدارات الطولية، فالتخطيط الأفقي المستقيم أو المنحنيات الأفقية المنبسطة التي مع وجود انحدارات حادة أو طويلة – وكذا عمل انحناء حاد للاحتفاظ بانحدار منبسط كلاهما تصميم رديء وينقصه **التوازن، أما التصميم** المعقول فهو توفيق بين الحالتين بما يعطي أكبر أمان وأعظم سعة مع سهولة السير وانتظامه وحسن المنظر في الحدود العملية لطبيعة الأرض والمنطقة التي يجتازها الطريق.

٢. نحصل عادة على منظر حسن عند اجتماع منحنى رأسي مع منحنى أفقي ولكن ينبغي دراسة تأثير ذلك على حركة **المرور**. ويلاحظ أن وجود تغييرات متتالية في القطاع الرأسي للطريق دون اقترانها بانحناء أفقي قد يؤدي إلى ظهور سلسلة من قمم المنحنيات تبدو لنظر السائق من بعيد ، مما يشكل حالة غير مرغوب فيها كما سبق بيانه

٣. يجب ألا يعمل منحنى أفقي حاد عند قمة أو قريباً من قمة منحنى رأسي بارز ووجه الخطورة في ذلك أن السائق لا يمكنه إدراك التغيير الأفقي في التخطيط وخاصة في الليل عندما تلقى أشعة الضوء الأمامية مباشرة نحو الفضاء الأمامي ويتلاشى هذا الوضع الخطر إذا كان الانحناء الأفقي قبل الرأسي أي إذا كان طول المنحنى الأفقي أكبر من **المنحنى الرأسي** ويمكن أيضاً عمل تصميم مناسب باستخدام مقادير تصميمية أكبر من الحد الأدنى الذي توجبه السرعة التصميمية.

٤. وهناك حالة أخرى قريبة الشبه من السابقة وهي أنه يجب ألا يبدأ منحنى أفقي عند قاع منحنى رأسي مقعر حاد. ذلك لأن الطريق أمام السائق يبدو أقصر طولاً من الحقيقة. وأي انحناء أفقي غير منبسط يعطي منظراً ملتوياً غير مقبول. وإلى جانب ذلك فإن سرعات المركبات وخاصة الشاحنات غالباً ما تكون عالية عند قاع المنحدرات وقد تحدث أخطاء في القيادة ولا سيما أثناء الليل.

٥. في الطرق ذات الحارتين ، يحتاج الأمر إلى مسافات مأمونة للتجاوز في أطوال كثيرة وأن يتوفر ذلك على نسبة مئوية كبيرة من طول الطريق ، وتلك الضرورة غالباً ما تفوق الاستحسان الشائع من جمع الانحناء الرأسي مع انحناء أفقي وعلى ذلك يلزم في تلك الحالات العمل على إيجاد مسافات طويلة مستقيمة تكفي لتواجد مسافة رؤيا للتجاوز في التصميم .

٦. في تقاطعات الطرق حيث تكون مسافة الرؤية على كلا الطريقين لها أهميتها وقد تضطر المركبات إلى التهدئة أو التوقف لذلك يجب أن يعمل التخطيط الأفقي والرأسي عندها منبسطاً بقدر الإمكان.

وفيما يلي مثال يوضح كيفية حساب جميع عناصر المنحنى الرأسي :

<u>المنحنى الأول من al44 (لوحة رقم (A5):</u>

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

- إيجاد اقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية:

$$S.D = 0.28* V* T + V^2/ [254*(F + N)]$$

V= 50 km/h
p = 14.5013%

q = -8.1230%

T = 3 sec

F = 0.37

N = p – q

= 0.145013–(-0.08123) = 0.226244

S.D = (0.28)(50)(3) + $(50)^2$/ [254 (0.37 +0.226244)]

= 93.8738m

- إيجاد طول المنحنى حسب اقل مسافة للتوقف :

- Let L >S.S.D

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

Where:

H: ارتفاع عين السائق فوق سطح الطريق وهي من(١.١٠ -١.٢٢) **متر**

h: ارتفاع الجسم المرئي عن الطريق وهو من(٠.١ -٠.١٥) **متر**

$L = (0.226244)^*(58.507)^2 / [(2^*1.20)^{0.5} + (2^* 0.1)^{0.5}]^2$

= 150.00m >S. S.D

. L<S.S.D

Length of curve = 150.00m

Reduce Level of A = 952.66m

Chainage of A = 0+007.30m

* L = 2l= 150

l= 150/2 = 75 m

* RL of A = 952.66m

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

= 952.66+ $\left(\frac{75^*14.5013}{100}\right)$

= 963.535 m

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

= 952.66- $\left(\frac{75^*8.123}{100}\right)$

= 957.44 m

* RL f C = ((RL of A + RL of B)/2)

= ((952.66+957.44)/2)

= 955.05 m

* CP = RL of P- RL of C

= 0.08485

* e= CP/2 = 0.08485/2

e= 0.04242 m OR

$$e= \left(\frac{P+q}{400}\right)*l = \left(\frac{0.145013+0.08123}{400}\right)*75$$

= 0.04242 m

لفرض أن طول الوتر الجزئي x=15m

x= 15 , 30 , 45 , 60 , 75 . === 5 Unit ==== L=5 unit

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

y= 0.00169 x^2

1- At Ch = 0+007.3

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 952.66m

RL on Curve = 952.66m

2- At Ch = (0+007.43+15) = 0+ 022.43

x unit = 1

y offset = $0.167\ x^2$ =0 .00167 * 15^2 = 0.382 m

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

= 952.66 + (14.5013 %)*(15)

= 954.835 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 954.835 -0.382

= 954.453 m

و نكمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا المماس، و الجدول التالي يبين **الحسابات التي تمت** :

جدول رقم(٥-٧) مختصر حسابات المنحنى الأول (منحنى قمة) لوحة رقم (A7)

Chainage (m)	**x unit**	**y offset (m)**	**RL on Tangent (m)**	**RL on Curve (m)**
0+007.3	0	0.000	952.66	952.66
0+022.3	1	0.382	954.835	954.453
0+037.3	2	0.764	957.01	956.246
0+052.3	3	1.528	959.185	957.657
0+067.3	4	3.056	961.361	958.305
0+082.3	5	6.112	963.535	957.423
0+097.3	4	3.056	966.14	963.084
0+112.3	3	1.528	963.96	962.432
0+127.3	2	0.764	961.79	961.026
0+142.3	1	0.382	959.615	959.233
0+157.3	0	0	957.44	957.44

$\frac{L^2}{24*R}$

إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى

$$x= \left(\frac{p*L}{p+q}\right) \quad \left(\frac{0.145013*150}{0.145013+0.08123}\right)$$

$$X = 96.144$$

إذن، موقع أعلى نقطة من المنحنى الرأسي يبعد 96.144m عن نقطة التماس الأولى A و تبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار

$$x= 150-96.144= 53.856 \text{ m.}$$

□٦□

الفصل السادس

حساب المساحات والحجوم

٦-١	مقدمة
٦-٢	حساب مساحات المقاطع العرضية
٦-٣	حساب الحجوم
٦-٤	بعض الطرق الشائعة في حساب الحجوم:
٦-٥	طريقة العمل
٦-٦	التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم(منحنى الحجوم)
٦-٧	خواص منحنى الحجوم

كميات الحفر والردم

٦-١ 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.

٦-٢ حساب مساحات المقاطع العرضية

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاثة طرق رئيسية:

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

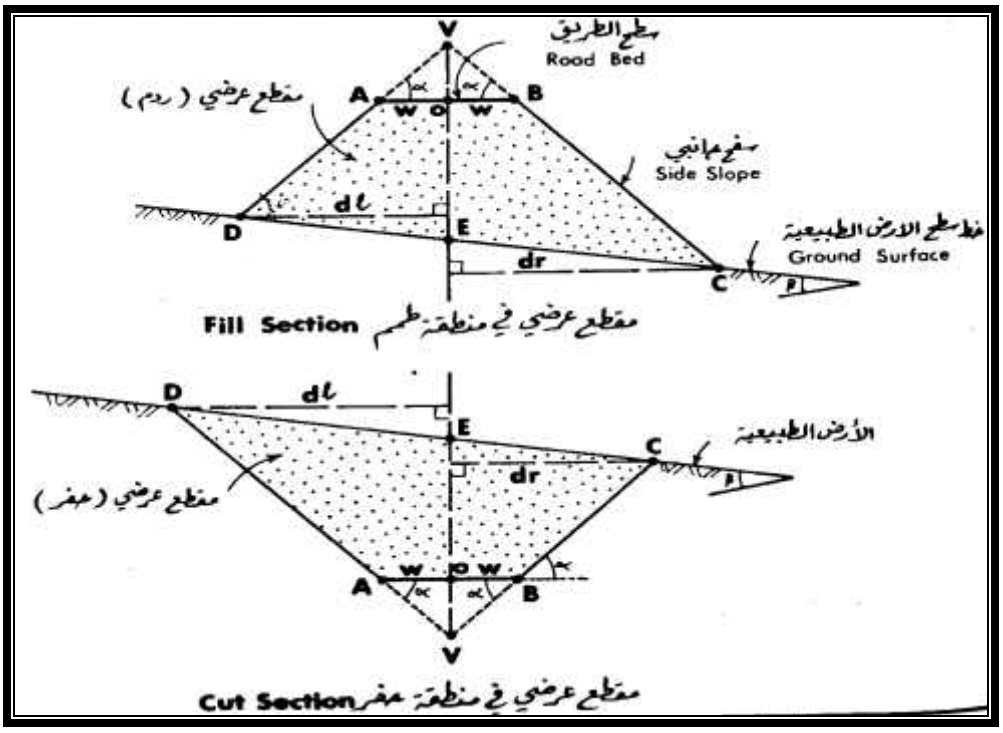
أولا: الطريقة الحسابية:

يجب التمييز هنا بين عدة حالات مختلفة.

- الحالة التي يكون فيها ميل الأرض منتظما:

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

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



شكل (٦-١): سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل*.

حيث:

$\sim$ = زاوية ميل جوانب الطريق

d_l = ارتفاع المثلث VDE

---

* المصدر: المرجع رقم (٨)

d_r = ارتفاع المثلث VCE

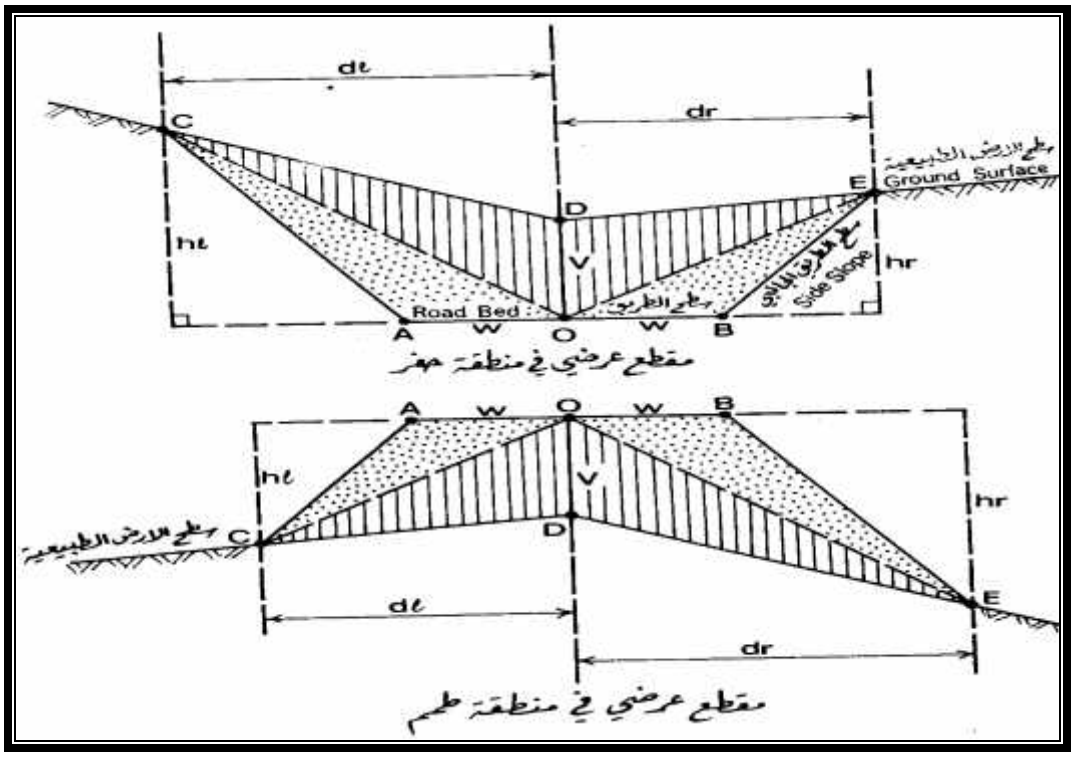
w = نصف عرض الطريق

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

- الحالة التي يكون فيها ميل الأرض الطبيعية غير منتظم:

١. كما في الشكل التالي حيث يتكون المقطع العرضي من ثلاثة نقاط وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية:

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

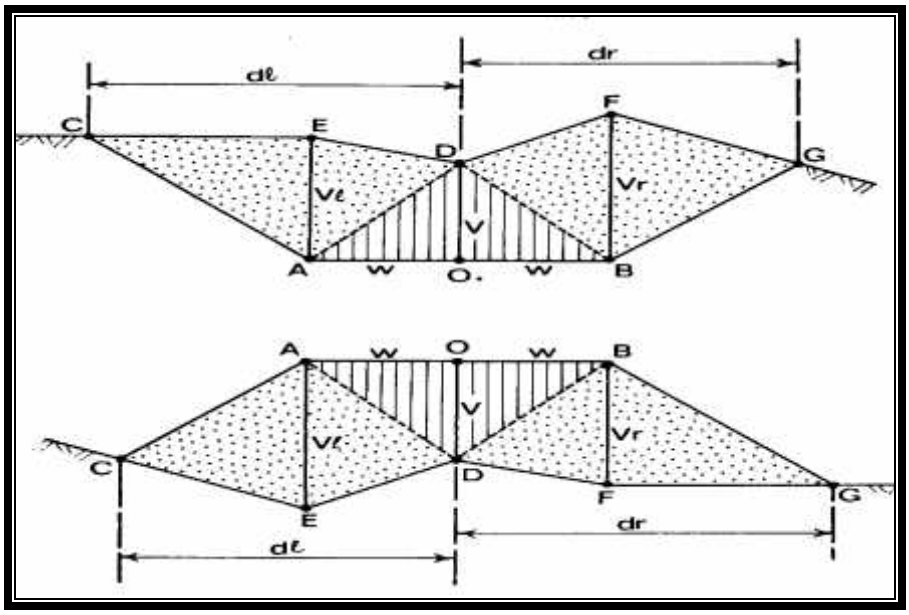


شكل (٦-٢): مقطع عرضي من ثلاث نقاط*.

*المصدر: المرجع رقم (٨)

٢. كما في الشكل التالي حيث يتكون المقطع العرضي من خمسة نقاط وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية:

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



شكل (٦-٣): 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

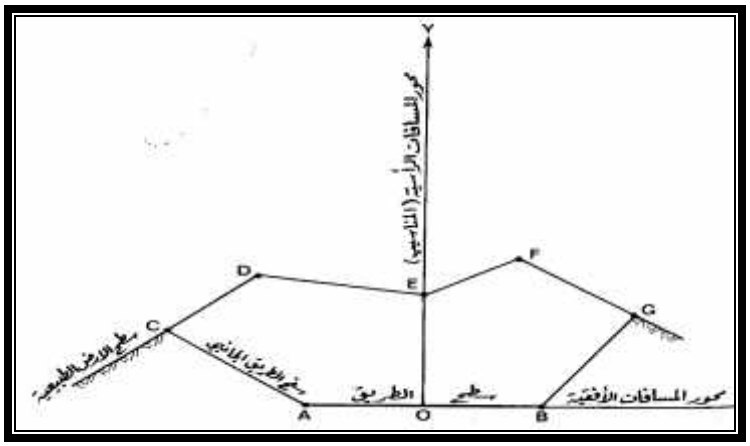
v_r = عمق الحفر أو الردم عند الطرف الأيمن لطرف الطريق

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 التالي:

*المصدر: المرجع رقم (٨)



شكل (٦-٤): 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 الشكل التالي:

جدول (٦-١): 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 $\sum 2$.

**المصدر: المرجع رقم (٨)

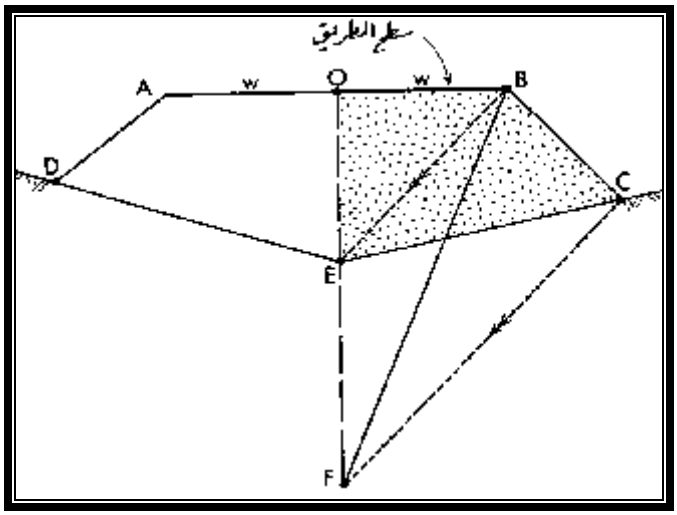
لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

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

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(٦-٥)، 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.



شكل (٦-٥): حساب المساحة بطريقة تخطيطية*.

*المصدر: المرجع رقم (٨)

٦-٣حساب 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.

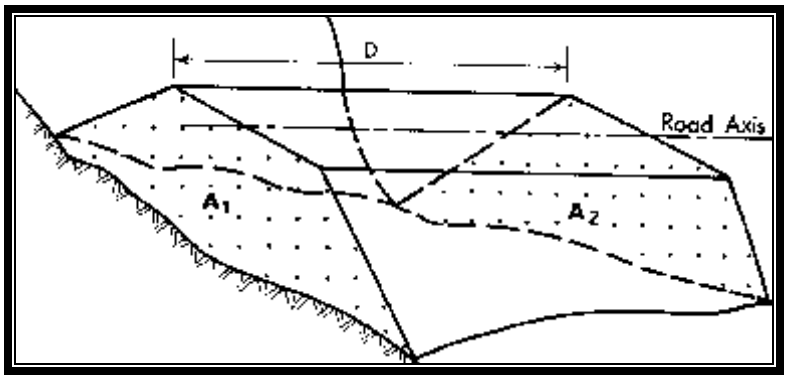
في أحيان كثيرة يمكن اللجوء إلى الصور والمخططات والخرائط المتوفرة لحساب الحجوم المطلوبة دون الحاجة إلى أعمال ميدانية معتبرة.

٦-٤ بعض 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 فانه 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 (٦-٦)، 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:

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



شكل (٦-٦): مقطعان في مضلع مطم*.

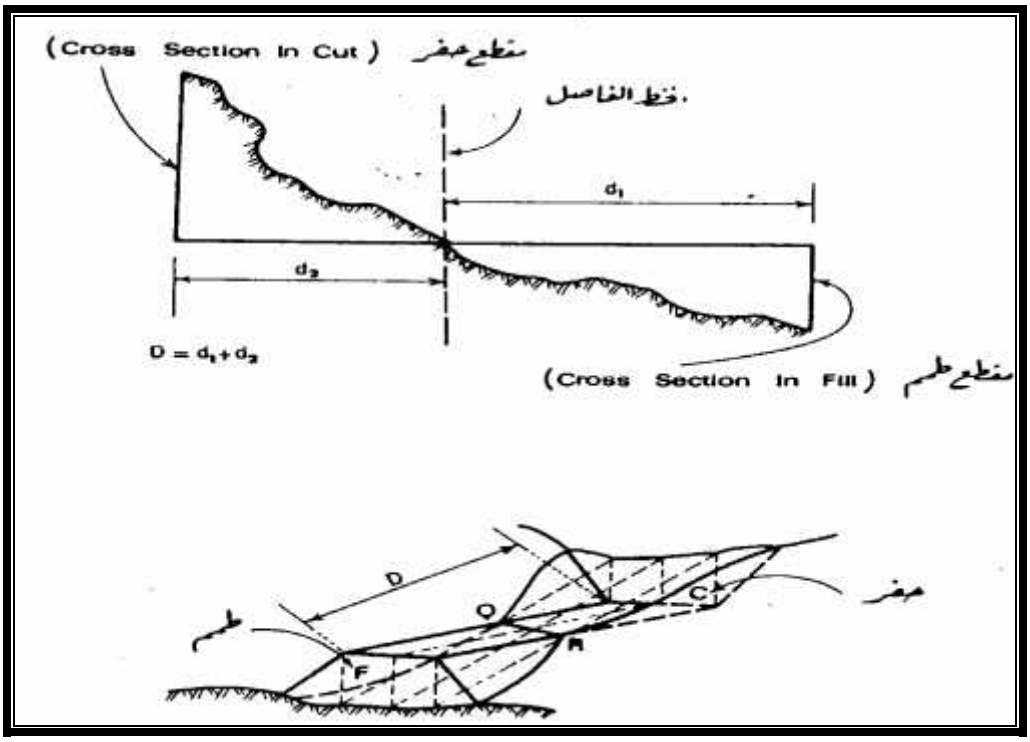
فإذا كان لدينا سلسلة من المقاطع العرضية المتتالية عددها n يكون الحجم الكلي التراكمي بين المقطع الأول والأخير المراد إزالته أو إضافته:

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

ملاحظات:

- إذا كان احد المقطعين حفر والآخر ردم كما في شكل (٦-٧)، فيحسب حجم الحفر وحجم الردم على الشكل التالي:

* المصدر: المرجع رقم (٨)



شكل (٦-٧): مقطع طمم يليه 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

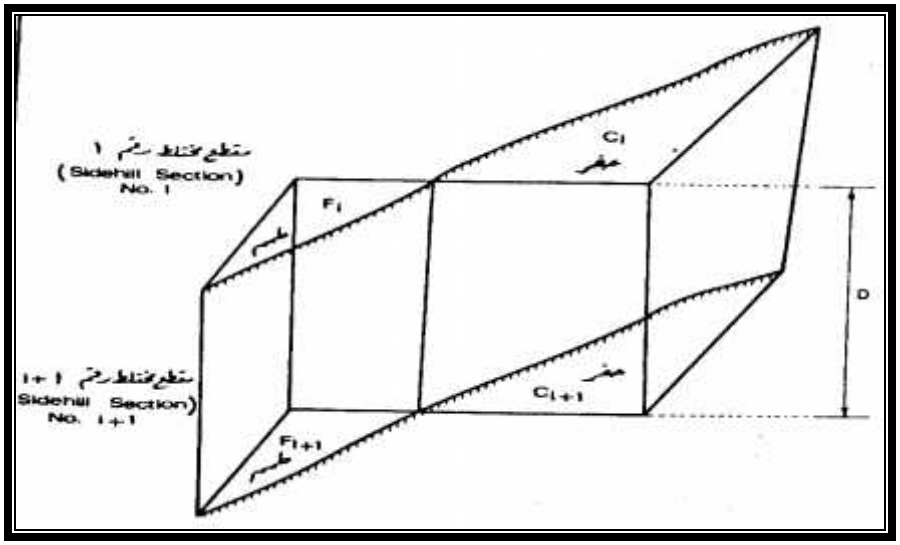
F= مساحة مقطع الردم

C= مساحة مقطع الحفر

*المصدر: المرجع رقم (٨)

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

في أحيان كثيرة نجد أن المقطع العرضي يكون مختلطا ولحساب الحجم نطبق العلاقات التالية:



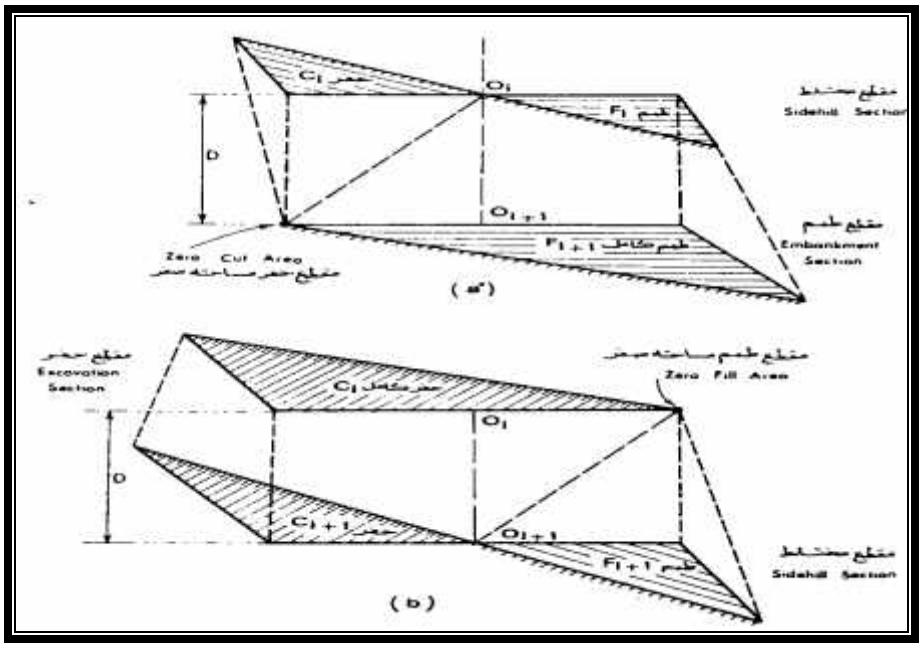
شكل (٦-٨): مقطعان مختلطان*.

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

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

*المصدر: المرجع رقم (٨)

- إذا كان احد المقطعين مختلطا والآخر ردماشكل (٦-٩a)، نطبق العلاقات التالية:



شكل (٦-٩): 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 **والاخرحفر كما في الشكل**(٦-٩ 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.

*المصدر: المرجع رقم (٨)

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 الموشورلا 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.

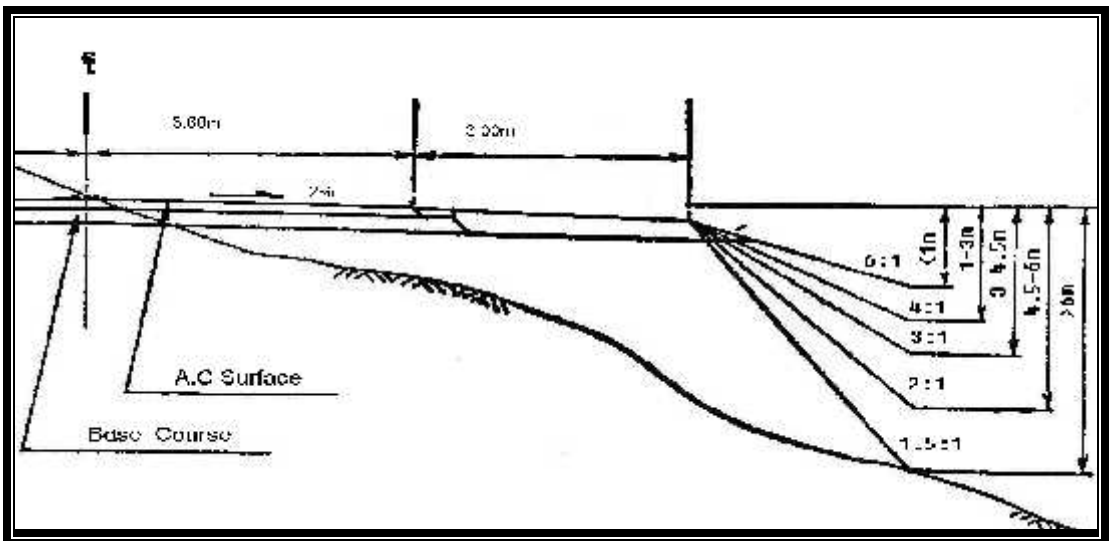
٣- يجب الربط بين دقة طريقة المقطع الوسطي ودقة قياس مناسيب المقاطع العرضية الداخلة في الحساب. كذلك يجب أخذ تكاليف الأعمال الترابية بعين الاعتبار عند قبول أو رفض هذه الطريقة.

٦-٥ طريقة العمل:

في أثناء العمل الميداني تم رصد عدة مقاطع عرضية وذلك على طول المحور الطولي للطريق حيث وزعت هذه المقاطع على مسافات متناسبة كل (30m) تم رصد مقطع عرضي متعامد مع محور الطريق، أما عند المنحنيات والتغيرات في طبوغرافية الأرض تم تقليل المسافة الفاصلة بين المقاطع العرضية (20m)، 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 لمقدار الميول الجانبية في حالة الردم تم الاعتماد على الشكل (٦-١٠) ، ومقدار الميول الجانبية في حالة الحفر يعتمد على نوعية التربة المتوفرة في منطقة العمل.



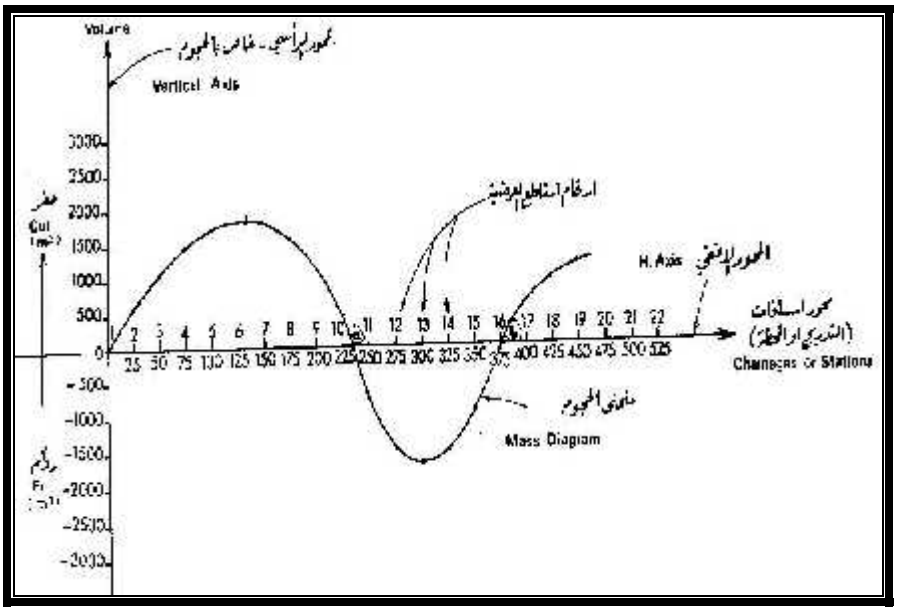
شكل (٦-١٠): مقدار الميول الجانبية *.

٦-٦ 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 عاموداً 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). وعلى سبيل المثال في الشكل (٦-١٠) المجموع الجبري لكميات الحفر والردم من بداية المشروع وحتى النقطة رقم (4) ذي التدريج 75 - أي بعد هذا المقطع عن بداية المشروع مقيسا وفق خط محور المشروع يساوي (75)- يساوي 1475+ m^3 وحيث انه موجب فهذا يعني أن كميات الحفر تفوق كميات الردم بنفس هذا المقدار ولغاية هذا المقطع .ومن الشكل نفسه نلاحظ أن كميات الحفر والردم تتعادل عند النقطتين a&b اللتان تبعدان عن بداية المشروع235m&378m على التوالي ونلاحظ أيضا أن المجموع الجبري لكميات الحفر

* المصدر: AASHTO

والردم من بداية المشروع وحتى المقطع 15 ذي التدريج 350 يساوي 925- m^3 وحيث انه سالب فهذا يعني أن كميات الردم تفوق كميات الحفر بنفس هذا المقدار ولغاية هذا المقطع.



شكل (٦-١١): مثال لمنحنى الحجوم*.

٦-٧ 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 والعكس صحيح.

*المصدر: المرجع رقم (٨)

- الفرق بين الاحداثيين الصاديين لنقطتين على منحنى الحجوم يمثل كمية الحفر أو الردم بين هاتين القطتين 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.

لابد من القيام بترتيب جدول الحجوم الذي يمثل الكميات اللازمة لأعمال الحفر والردم **وذلك على الشكل التالي**:

جدول (٦-٣): جدول كميات الحفر والردم للطريق.

[*] المصدر: المرجع رقم (٨)

STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	2.7091	0.0000				
			132.8138	0.0000	132.8138	0.0000
0+025	8.4454	0.0000				
			261.5722	0.0000	394.3859	0.0000
0+050	12.6197	0.0000				
			153.0979	0.0000	547.4838	0.0000
0+065.02	7.9471	0.0000				
			31.3499	0.0000	578.8337	0.0000
0+070	4.8300	0.0000				
			20.6711	1.4872	599.5047	1.4872
0+080	0.3508	0.4391				
			1.1220	22.5490	600.6268	24.0362
0+090	0.0000	4.7215				
			0.0000	54.2038	600.6268	78.2400
0+098.50	0.0000	8.0663				
			0.0000	12.3287	600.6268	90.5687
0+100	0.0000	8.3572				
			0.0000	122.0059	600.6268	212.5747
0+116.35	0.0000	6.6009				
			0.0000	24.4925	600.6268	237.0672
0+120	0.0000	6.7720				
			0.0000	80.5496	600.6268	317.6169
0+130	0.0000	9.4501				
			0.0000	72.6768	600.6268	390.2937
0+140	0.0000	5.3124				
			0.0873	39.5684	600.7141	429.8621
0+150	0.0256	2.7805				
			3.3707	9.1987	604.0848	439.0608
0+160	0.8098	0.0000				
			24.7439	0.0000	628.8287	439.0608
0+170	4.5855	0.0000				
			56.8369	0.0000	685.6656	439.0608
0+180	6.7465	0.0000				
			77.0288	0.0000	762.6945	439.0608
0+190	8.6726	0.0000				
			87.6810	0.1326	850.3755	439.1934
0+200	8.8942	0.0385				
			56.9688	0.2227	907.3443	439.4160
0+205.97	10.1998	0.0313				
			208.4519	0.1986	1115.7963	439.6146
0+225	11.7225	0.0000				

0+225	11.7225	0.0000
0+250	33.9690	0.0000
0+275	0.9557	0.0000
0+275.67	0.9770	0.0000
0+280	0.5972	0.5835
0+290	0.0000	2.7913
0+300	0.0000	4.7990
0+310	0.0645	3.0315
0+313.67	0.0000	5.9889
0+320	0.0269	5.9486
0+328.55	0.7871	6.9492
0+330	0.0985	7.1641
0+340	0.0051	6.3627
0+350	0.2153	5.0556
0+360	3.6391	1.9143
0+366.55	8.1065	1.5207
0+375	0.2464	0.6758
0+388.26	5.6910	0.0000
0+390	6.1130	0.0000
0+400	8.2343	0.0000
0+410	8.3177	0.0000
0+420	5.7713	0.0000
0+430	0.0000	0.0000
0+440	0.5679	0.1044
0+449.26	0.0099	1.8621
0+449.91	0.0062	1.9484
0+450	0.0058	1.9599
0+460	0.0000	2.5650
0+470	1.9690	0.4735
0+480	2.9292	0.0000
0+490	2.2630	0.0000
0+500	4.9952	0.0000
0+510	8.8474	0.0000
0+510.91	9.6440	0.0000
0+513.79	11.3447	0.0000
0+518.79	12.0409	0.0000
0+520	11.8098	0.0000
0+530	5.3649	0.0000
0+540	2.3705	0.0000
0+542.09	2.0291	0.0000
0+547.09	2.0978	0.0000
0+550	1.7005	0.0000
0+575	5.3104	0.0000
0+600	2.5358	0.2401
0+601.72	3.0295	0.1071

547.0532	0.0000	1662.8495	439.6146
338.5198	0.0000	2001.3692	439.6146
0.6456	0.0000	2002.0149	439.6146
3.3728	0.8429	2005.3877	440.4575
1.9854	15.5391	2007.3731	455.9966
0.0000	37.6379	2007.3731	493.6345
0.2130	39.1551	2007.5861	532.7896
0.0780	16.4156	2007.6640	549.2052
0.0559	38.1497	2007.7200	587.3550
2.6651	55.6977	2010.3850	643.0527
0.5745	10.0946	2010.9595	653.1473
0.4292	67.0916	2011.3887	720.2389
0.8576	56.6941	2012.2463	776.9330
15.9139	33.4607	2028.1603	810.3937
37.6000	11.2148	2065.7603	821.6085
27.4928	9.0371	2093.2530	830.6456
31.4769	2.9870	2124.7299	833.6326
10.2643	0.0000	2134.9942	833.6326
71.3451	0.0000	2206.3393	833.6326
82.4462	0.0000	2288.7855	833.6326
69.7825	0.0000	2358.5681	833.6326
19.2076	0.0000	2377.7757	833.6326
1.8919	0.3453	2379.6676	833.9780
1.9192	7.3813	2381.5868	841.3593
0.0047	1.2478	2381.5915	842.6070
0.0006	0.1712	2381.5921	842.7783
0.0202	22.5374	2381.6123	865.3156
6.7539	13.5556	2388.3662	878.8713
25.0720	1.5552	2413.4381	880.4264
26.0843	0.0000	2439.5224	880.4264
35.4647	0.0000	2474.9871	880.4264
68.4545	0.0000	2543.4417	880.4264
8.4319	0.0000	2551.8736	880.4264
30.1793	0.0000	2582.0528	880.4264
61.2778	0.0000	2643.3306	880.4264
15.9287	0.0000	2659.2593	880.4264
89.5664	0.0000	2748.8257	880.4264
39.4943	0.0000	2788.3200	880.4264
4.8323	0.0000	2793.1523	880.4264
10.0711	0.0000	2803.2234	880.4264
5.5256	0.0000	2808.7489	880.4264
83.4662	0.0000	2892.2151	880.4264
95.9649	2.0009	2988.1800	882.4273
4.7817	0.2911	2992.9617	882.7184
0.0000	0.0000	2992.9617	882.7184

□٧□

الفصل السابع

التقاطعات

١-٧	مقدمة
٢-٧	أنواع التقاطعات
٣-٧	فوائد القنوات في التقاطع
٤-٧	نقط التصادم (Conflict points)
٥-٧	أنصاف أقطار الدوران
٦-٧	عرض المسرب المخصص للدوران
٧-٧	مسافة الرؤية اللازمة للتوقف
٨-٧	مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع
٩-٧	الجزر والقنوات على التقاطعات

الفصل السابع
تصميم التقاطعات

٧-١ مقدمة :

التقاطع هو المنطقة التي يلتقي فيها أو يتقاطع فيها طريقان أو أكثر على نفس الارتفاع أو على إرتفاعات 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 غاية في الدقة.

٧-٢ 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 لان الطريق التي نقوم بتصميمها لا تحتاج إلى تقاطع معزول، فسنكتفي بشرح التقاطع في مستوى واحد.

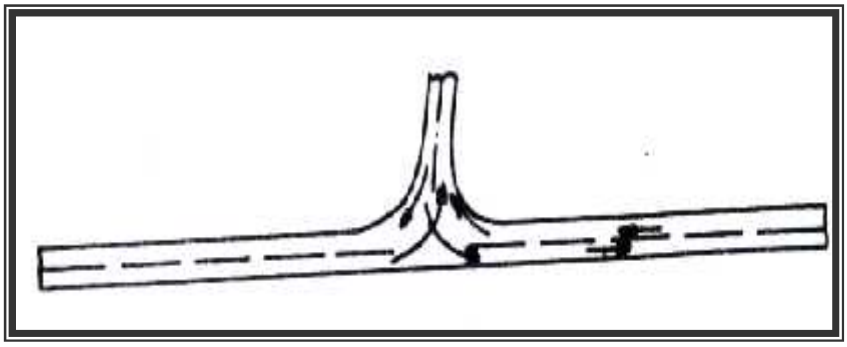
٧-٣-١- التقاطع العادي البسيط (simple intersection):

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.

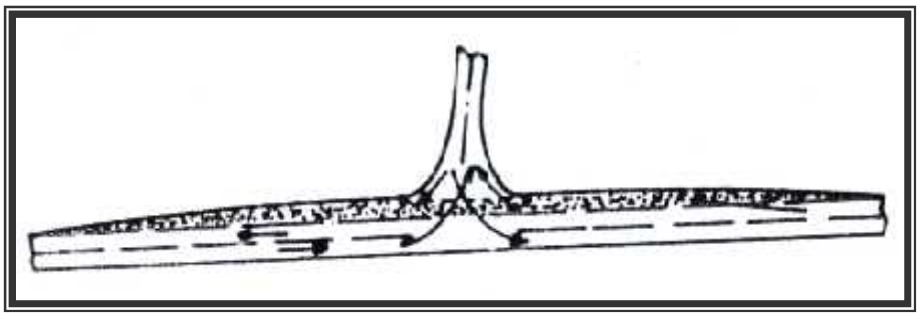
ويتم تطوير هذا النوع من التقاطعات حسب كثافة السير وأهمية التقاطع، والأمثلة التالية تبين التطورات التي أدخلت على بعض هذه التقاطعات:

١- الشكل البسيط جدا والذي تبقى فيه المسارب بعرض ثابت سواء في الطريق الرئيسي أو الفرعي كما هو مبين في الشكل(٧-١)، وخطورة هذا النوع تكمن في إن السيارات ستضطر إلى تخفيف سرعتها كثيرا عند محاولة الدوران إلى اليمين أو اليسار وقد تتوقف كليا.



الشكل (٧-١) الشكل البسيط للتقاطع[*]

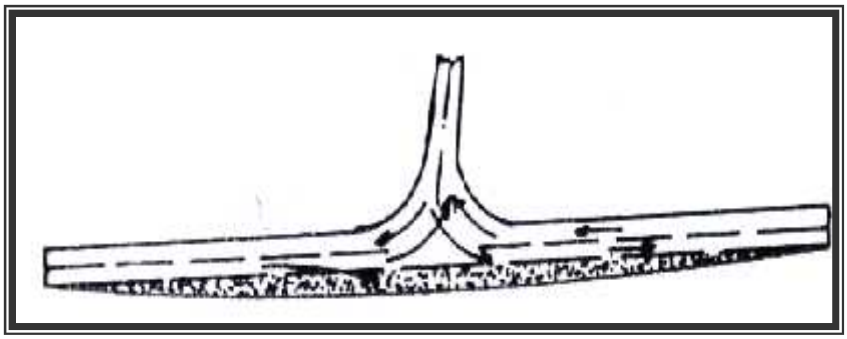
٢- تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع وذلك بإضافة مسرب يصلح للدخول وللخروج لمسافة تكفي لتباطؤ أو تسارع السير كما هو مبين في شكل (٧-٢). وهذا النوع يعطي حرية للسيارات التي تريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يمينية ولكنه لا يعطي حرية لمن يريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يسارية.



الشكل (٧-٢) تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع[†]

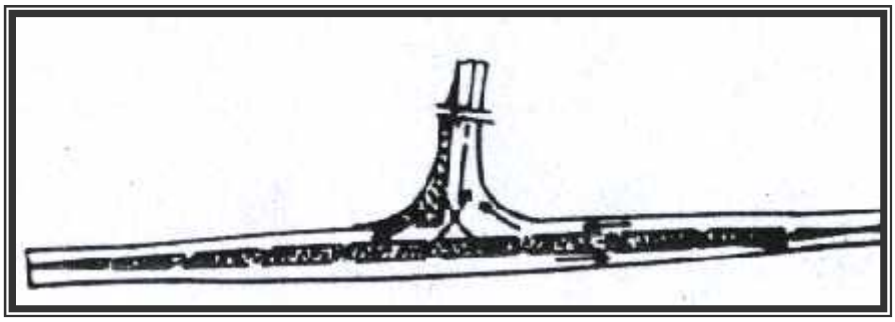
٣- في هذا النوع من التقاطع يكون المسرب الإضافي من الجهة المقابلة كما في شكل(٧-٣)، وهذا عكس لما رأيناه في شكل (٧-٢) أي إن الحرية الآن أكثر للسير الذي يدور إلى اليسار وهذا يساعد السير المستمر في تجنب الاصطدام بالسيارات التي تريد الانعطاف يسارا وبنفس الوقت يحمي السيارات التي تدخل وتخرج.

[*] المرجع رقم ٢
[†] المرجع رقم ٢



الشكل (٧-٣) تقاطع بسيط مع توسيع الطريق من الجهة المقابلة*

٤- في هذا النوع من التقاطع تتوسع الطريق لكي تصنع مسربا كاملا في الوسط من اجل المساعدة في الدخول والخروج وبدون إعاقة السير المستمر كما في الشكل (٧-٤).



الشكل (٧-٤) اضافة مسرب كامل على التقاطع†

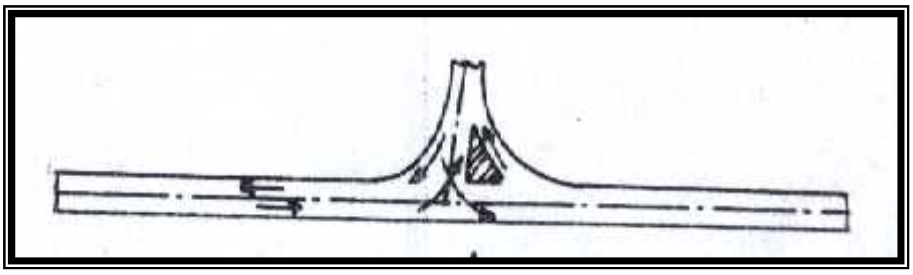
٧-٢-٢ التقاطع الجرسي (Flared):

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.

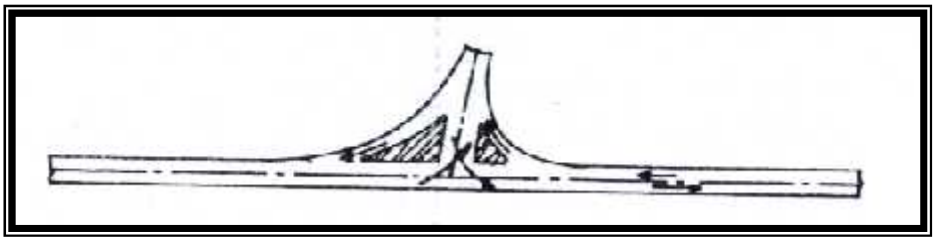
* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢

٣-٢-٧ 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، هذا وقد تم استخدام هذا النوع من التقاطع في تقاطع مفرق العجوري، والأشكال من (٧-٥) إلى (٧-٨) تبين أشكالا متعددة لتقاطع ذو قنوات، والأسهم تشير إلى طبيعة الحركة، وهذه الأشكال مرتبة حسب الزيادة في حركة السير على التقاطع.

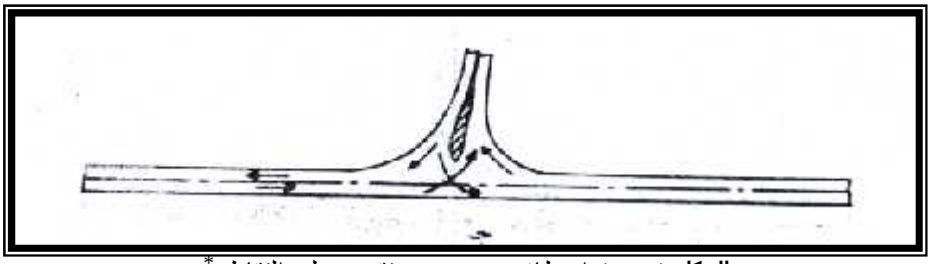


الشكل (٧-٥) انعطاف دورة واحدة*

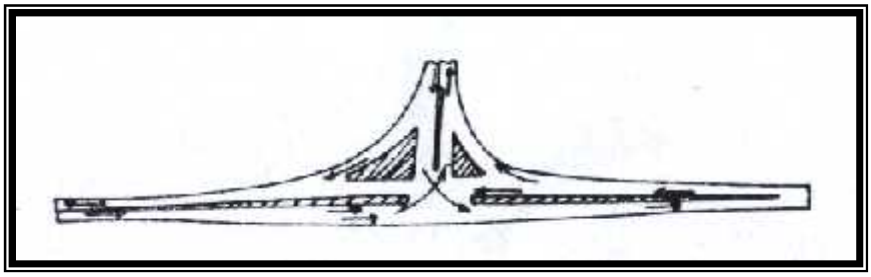


الشكل (٧-٦) انعطاف مزدوج على التقاطع†

* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢



الشكل(٧-٧) انعطاف مع جزيرة تقسيم على التقاطع*



الشكل(٧-٨) انعطاف مع جزيرة دوران مزدوج على التقاطع†

٧-٣ 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.

---

* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢

- 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.

٧- 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.

٧-٥ أنصاف أقطار الدوران:

يوجد لكل نوع من أنواع التقاطعات مقادير مختلفة من أنصاف الأقطار والجدول (٧-١) يوضح نصف قطر الدوران بالنسبة لنوع الطريق:

جدول (٧-١): أنصاف أقطار 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

والجدول (٧-٢) يوضح نصف القطر بالنسبة للسرعة على المنعطف.

الجدول (٧-٢)الحد الأدنى لنصف القطر على المنحنى†

سرعة الدوران (كم /ساعة)	٢٥	٣٢	٤٠	٤٨	٥٥	٦٥
معامل الاحتكاك	٠.٣٢	٠.٢٧	٠.٢٣	٠.٢٠	٠.١٨	٠.١٧
ميلان سطح الطريق	٠	٠.٠٢	٠.٠٤	٠.٠٦	٠.٠٨	٠.٠٩
نصف القطر المستعمل(متر)	١٥	٣٠	٥٠	٧٥	١٠٠	١٤٠

٧-٦ عرض المسرب المخصص للدوران:

يجب إن يكون عرض المسرب مناسبا ليسمح للسيارات بالسير فيه مع بقاء المركبة بعيدة عن أطراف الممر مسافة لا تقل عن ٦٠سم من كل جانب، حيث يتحكم في عرض المسرب حجم المركبة

* المرجع رقم ٤
† المرجع رقم ٢

ونوعها وحجم السير وحدة المنعطف، ويوجد هنالك ثلاثة أنواع من المسارب المخصصة للدوران وهي:

١- مسرب واحد ولا يسمح فيه بالتجاوز، وفي هذا النوع يخصص للحركات الغير مهمة، ولحجم معتدل من السير ولمسافات قصيرة حيث يكون توقف سيارة غير محتمل.

٢- مسرب واحد باتجاه واحد مع السماح بوقوف سيارة معطلة وتجاوزها بالسرعة المنخفضة، وتستعمل للسير المعتدل الذي يتطلب حجمه مسربا واحدا فقط.

٣- مسربان باتجاه واحد أو اتجاهين مع وجود سير ثقيل.

والجدول (٧-٣) التالي يبين عرض المسارب على التقاطع في منطقة الدوران.

الجدول (٧-٣) عرض المسرب على التقاطع *

نصف القطر (متر)	مسرب واحد باتجاه واحد دون تجاوز (متر)			مسرب واحد باتجاه واحد مع تجاوز (متر)			مسربين (متر)		
	سيارات	شاحنات	هطورة	سيارات	شاحنات	هطورة	سيارات	شاحنات	هطورة
١٥	٥.٤	٥.٤	٦.٩	٦.٩	٧.٥	٨.٧	٩.٣	١٠.٥	١٢.٦
٢٢	٤.٨	٥.١	٥.٧	٦.٣	٦.٩	٨.١	٨.٧	٩.٩	١١.١
٣٠	٤.٥	٤.٨	٥.٤	٦	٦.٥	٧.٥	٨.٤	٩.١	١٠.٥
٤٥	٤.٢	٤.٨	٥.١	٥.٧	٦.٣	٧.٢	٨.١	٩	٩.١
٦٠	٣.٩	٤.٨	٤.٨	٥.٧	٦.٣	٦.٩	٨.١	٨.٤	٩

٧-٧ مسافة الرؤية اللازمة للتوقف:

إن السيارة التي تقترب من التقاطع تحتاج إلى مسافة رؤية أمامها تمكنها من رؤية العقبة أو الخطر والتوقف إن أرادت، وتتبع في إيجاد هذه المسافة نفس الأساليب المتبعة في عملية تصميم

* المرجع رقم ٢

الطرق حيث يحتاج السائق إلى وقت للتفكير وأخر لاتخاذ **الإجراء واستعمال الكابح**. وحيث إن قيم الاحتكاك تتناقص مع زيادة السرعة فأنه يتم اعتبار معامل الاحتكاك عال على السرعة المنخفضة **ومعامل منخفض على** السرعة العالية والجدول التالي(٧- ٤) يبين المسافات اللازمة للتوقف.

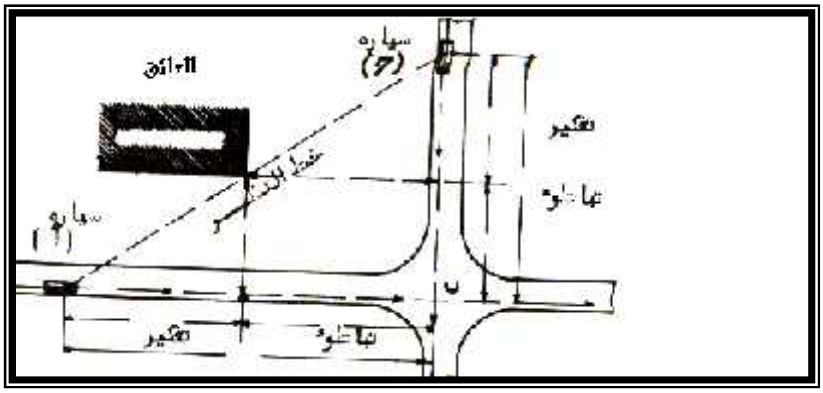
الجدول (٧-٤) مسافة الرؤية للتوقف على التقاطع*

السرعة كم /ساعة	٢٥	٣٠	٤٠	٥٠	٦٠	٦٥
مسافة الرؤية (متر)	٢٤	٣٤	٥٠	٦٥	٧٥	٨٥

٧- ٨ مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع:

إن السائق الذي يقترب من التقاطع يتطلب إن تكون أمامه منطقة غير مغطاة (**مكشوفة**) **على كلتي** الطريقين المتقاطعين ويجب إن يرى جزءا من الطريق المنوي الدخول فيه حتى يستطيع التحكم بالمركبة وتجنب الحوادث وحتى يستطيع التوقف إذا تطلب الموقف ذلك.

أما مسافة الرؤية التي يجب إن تكون أمامه فتعتمد على سرعة المركبة على الطريق الأخرى. **وتقاس** هذه المسافة إذا كان هناك إشارات ضوئية إن الحد الأدنى من الرؤية المطلوبة هو المثلث(**أ ب ج**) المبين بالشكل (٧-٩) ويجب إن يرى كل سائق على الطريقين المتقاطعين كلا منهما الأخر من خلال هذا المثلث.



الشكل (٧- ٩) مسافة الرؤية على التقاطع – **أما** وقوف أو تعديل سرعة†

* المرجع رقم ٣
† - المرجع رقم٧

حيث:

أب = مسافة الرؤية اللازمة للسيارة (أ) حسب سرعتها.

ب جـ = مسافة الرؤية اللازمة للسيارة (جـ) حسب سرعتها.

أ جـ = يعتمد على(أب) و (ب جـ).

يجب أن يزال أي عائق أعلى من خط النظر في داخل المثلث حتى يرى السائقان على الطرق المتقاطعة بعضهم البعض من مسافة كافية قبل الوصول إلى التقاطع.

هناك ثلاث حالات لأوضاع أطوال المسافات المشكلة للمثلث (أ ب جـ) وهي:

أ- حيث يسمح للسائقين بتعديل سرعتهم عند اقترابهم من التقاطع الذي لم توضع عليه إشارة(قف) أو (أعط حق الأولوية) لأي من السيارات على الطريقين. وهنا لا بد من تأمين مسافة رؤية كافية يرى خلالها السائق العائق ويعدل من سرعته خلالها حتى لا يصطدم بالسيارة التي تقترب من التقاطع من الطريق الأخرى. ويحتاج إلى ثانيتين للتفكير والرؤية وثانية للتباطؤ وخلال هذا الوقت يحتاج السائق إلى المسافات المبينة بالجدول(٧-٤).

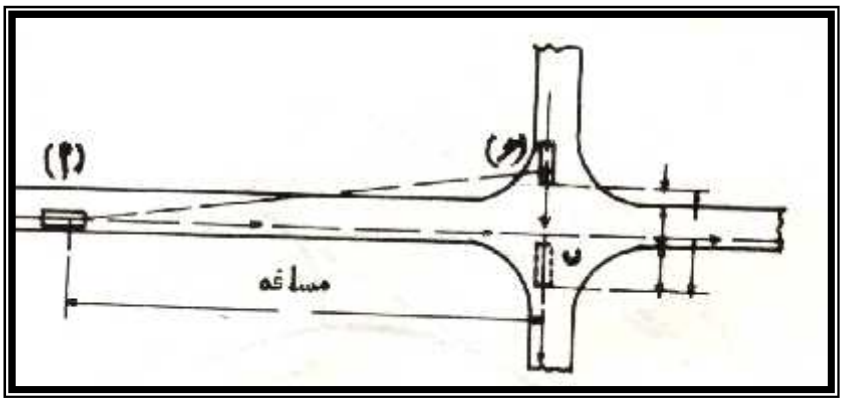
ب- لا توجد إشارة قف أو أعط حق الأولوية على أي من الطريقين ولكننا نريد لهاتين المركبتين التوقف وليس تعديل السرعة فقط، وهنا نقوم بزيادة المسافة لأننا نحتاج إلى مسافة للرؤية ثم التفكير ثم مسافة التباطؤ حتى التوقف.

إن المسافة اللازمة للتوقف مبينة في الجدول(٧-٥)، أيضا ومنها يمكن إن نلاحظ إن المسافة اللازمة للوقوف هي ضعف المسافة اللازمة لتعديل السرعة. وإذا لم نستطع تأمين هذه المسافة فأنه من الممكن تخفيض سرعة هذه المركبات على الطريق عند اقترانها من التقاطع.

الجدول (٧-٥) مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها*

السرعة (كم /ساعة)	٣٠	٥٠	٦٥	٨٠	٩٥	١٢٠
المسافة اللازمة لتعديل السرعة لتجنب التصادم (متر)	٢٥	٤٠	٥٥	٦٦	٨٠	٩٥
المسافة اللازمة للتوقف (متر)	-	٦٥	٨٥	١٠٥	١٤٠	١٨٠

ج- حيث يتم وضع إشارة (قف) أو (أعط حق الأولوية) للسيارة التي تسير على الطريق الفرعي. إلا إننا عندما نتوقف نحتاج إلى منطقة رؤية نستطيع منها رؤية السيارة التي على الطريق الرئيسي كما هو موضح بالشكل (٧ - ١٠) وبعد رؤيتها يمكن للسائق إذا رأى إن ذلك مناسبا إن يستمر. وهنا يحتاج إلى وقت للبدء مرة أخرى ثم التسارع ثم قطع الطريق الرئيسي.



الشكل (٧- ١٠) مسافة الرؤيا على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق الفرعي†

إن المسافة أ ج اللازمة تساوي

$$d = 1.47v \times (j + t)$$

حيث:

d = المسافة بالأمتار

v = سرعة السيارة (أ) على الطريق الرئيسي.

j = الوقت اللازم للرؤية وتقرير السير.

t = الوقت اللازم للقطع وهذا يتغير بتغير نوع المركبة

* المرجع رقم ٢
† - المرجع رقم ٩

إن هذه المسافة تزيد عن المسافة اللازمة لتوقف السيارة على الطريق الرئيسي (سيارة أ) وهي تعتمد على عرض الطريق الرئيسي، ونوع المركبة التي وقفت ومقدرتها على التسارع.

٧-٩ الجزر والقنوات على التقاطعات:

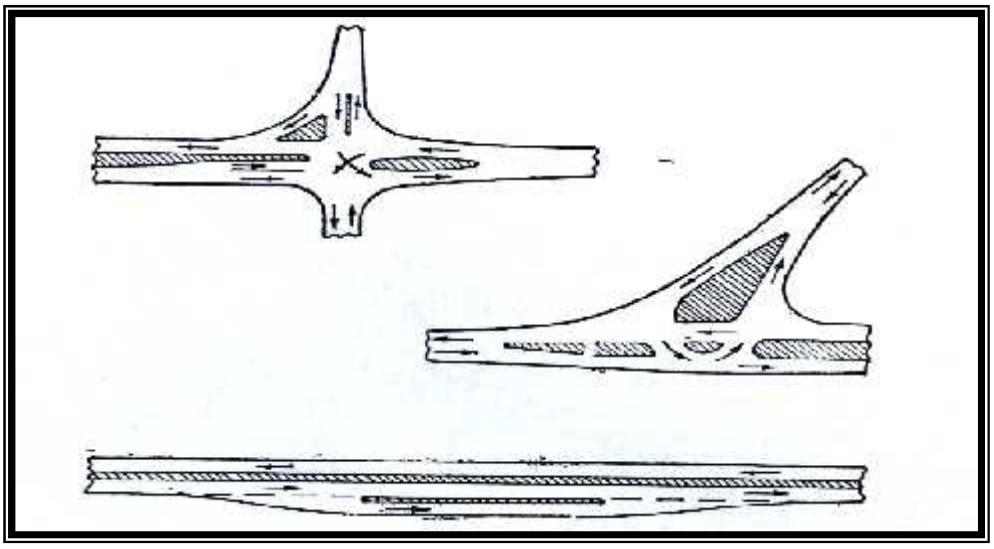
يحتاج التقاطع المحدد المسارب إلى دراسة أكثر من التقاطع العادي البسيط، حيث أن عرض الجزر والفراغ بينهما وأطوالها ومسافة الفراغ بينهما أمور ضرورية، فنحن نهدف هنا إلى سير المركبة بسهولة دون تعطيل حركة السير، كما أن المقطع المحدد المسارب يعني أن السيارات التي ستستعمل اتجاها معينا، ستحدد بمسارب معينة لا تستطيع الخروج منها، ولا نريد أن يحصل اكتظاظ في مسرب يقابله فراغ تام في مسرب آخر، بل يجب أن يكون الممر المكتظ مثلا ممر بمسربين والمسرب القليل السير بمسرب واحد فقط وهكذا.

٧-٩-١ مكونات الجزر:

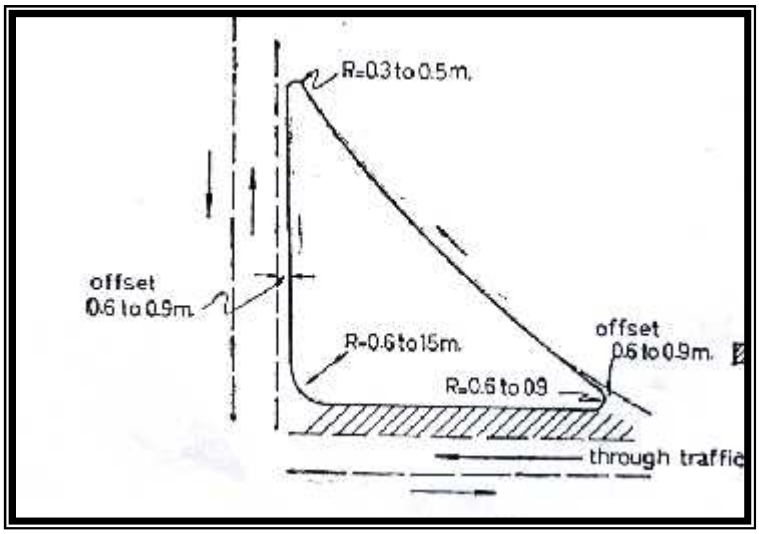
تتكون الجزر إما من أطار **يف مع رصفة، أو علامات وأزرار أو** حواجز، كذلك يمكن أن تكون ساحة غير مرصوفة محددة بأعمدة أو تراب مرتفع، ولهذه الأشياء بالطبع فوائد وسيئات من حيث الساحة المتوفرة والأخطار على السيارات وسرعة السيارة وتصريف الماء، فالأطاريف والحواجز البارزة مثلا تسبب خطرا للسيارات وتمنع تصريف المياه، ولذلك فالرصفة المخططة بعلامات فقط قد تكون في مثل هذه الحالات (تصريف المياه)، أما إذا أردنا منع السيارات امتطاء الجزيرة، فإن الأرصفة تصبح ضرورية، وهكذا.

٧-٩-٢ أشكال الجزر:

للجزر إشكال وأبعاد متعددة إلا أن النوع المتعارف عليه هو المثلث حيث يفصل هذا النوع السير الذي يدور عن السير المستقيم وتكون الجزر المستديرة في الوسط ليدور حولها السير والشكل (٧-١١) يبين أشكالا وتوزيعات متعددة للجزر، ووالشكلين (٧-١٢) ، (٧-١٣) يبين أبعاد بعض أنواع الجزر عند التقاطع.

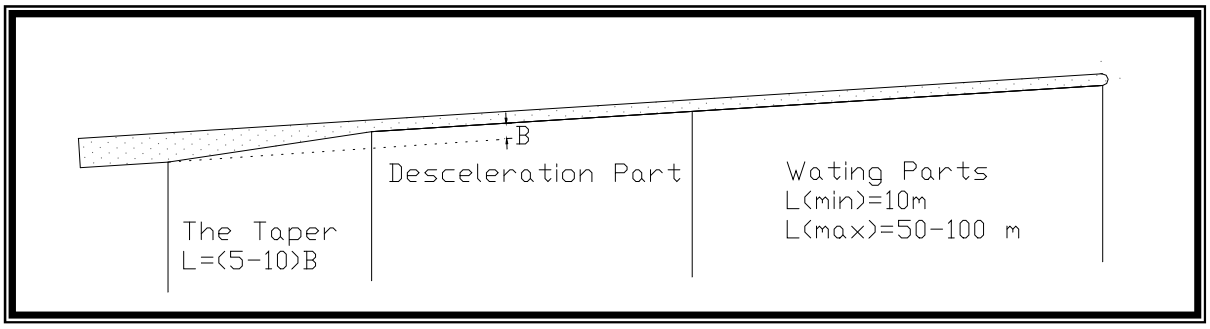


الشكل (٧-١١) إشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات*



الشكل(٧-١٢) أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع†

* المرجع رقم ٩
† المرجع رقم ٩



الشكل(٧-١٣) أبعاد الجزيرة الطولية على التقاطع*

٧-٩-٣ مواصفات الجزر:

١. يجب أن تكون الجزر بشكل يجعل الممر المخصص واضحا وسهلا وبشكل تتقابل فيه السيارات على زوايا صغيرة.
٢. يجب أن تكون أطراف الجزيرة منحنيات انسيابية حسب حركة السير وموازية لهذه الحركة.
٣. يجب أن تتناسب أنصاف أقطار الجزيرة مع سرعة المركبة.
٤. يجب أن لا يفاجئ السائقين بمساحة غير مستعملة في مساربهم.
٥. يجب أن تميز مداخل الجزر بعلامات تظهر المدخل وكأنه مفتوح.
٦. يجب تخشين سطح الجزر.
٧. يجب أن يدخل السائق المسرب بالسعة العادية بسهولة.

* المرجع رقم ٤

□٨□

الفصل الثامن

الانارة

٨-١ مقدمة

٨-٢ مواصفات الإضاءة

٨-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة

٨-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement)

٨-٥ ارتفاع أعمدة الإنارة

٨-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة

الفصل الثامن
الإنارة على الطريق

٨-١ مقدمة

إن الإضاءة على الشوارع مهمة جدا حيث أنها تخفض من حوادث الطرق، كما تساعد الإضاءة السائق 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.

٨-٢ مواصفات الإضاءة

الإضاءة على الطريق عمل يتطلب دراسة وافية ومواصفات محددة مبنية على تجارب وأبحاث سابقة ولذلك يجب مراعاة مايلي:

- 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.

٨-٣ 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) .

وسيتم توضيح خصائص كل نوع من هذه الأنواع على النحو التالي :

- **مصابيح التنجستن (Tungsten Filament):**

تستخدم هذه المصابيح في إضاءة الشوارع والأرصفة وأماكن التسوق وتستخدم بكثرة لأنها ذات تكلفة معقولة وتعطي إضاءة جيدة .

- **مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent):**

يستخدم بكثرة في إضاءة الطرق ولكن هذا النوع من المصابيح ذات التكلفة العالية.

- **مصابيح الصوديوم (Sodium Vapor):**

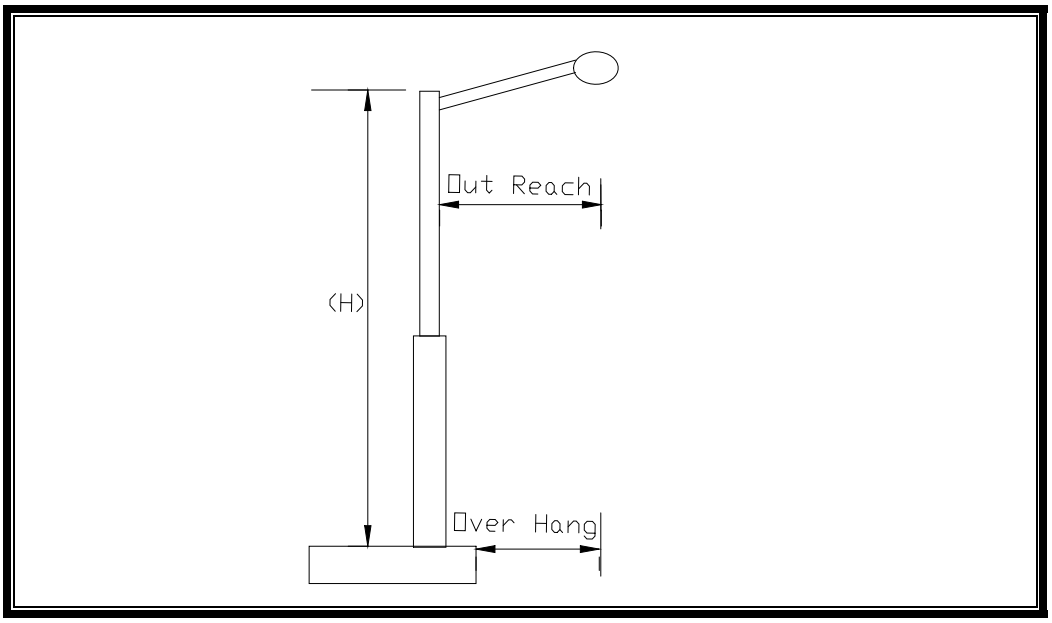
تعطي إضاءة عالية وقوية وتكون مائلة اللون إلى الأصفر وهي أفضل الأنواع المستخدمة لإضاءة الطرق لان توهجها مناسب للعين ولا يسبب أي إزعاج لمستخدمي الطريق.

- **المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) :**

هذا النوع من المصابيح شبيه بمصابيح الصوديوم في الصناعة والتركيب إلا أن (Mercury) يحل محل Sodium وهي تعطي إضاءة بيضاء اللون وتستخدم في أماكن التسوق .

- وهنا 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 (٨-١) .

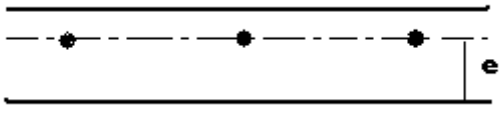


الشكل (٨-١) أعمدة الإضاءة على الطريق[*]

٨-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع(Arrangement):

حيث يتم توزيع الإضاءة على الشوارع بعدة طرق منها:

١- التوزيع على جهة واحدة (single side) **كما في شكل** (٨-٢)، حيث يلجأ إلى هذا الترتيب **إذا كان ارتفاع عمود الإنارة** (**h**) اكبر من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع (**e**).

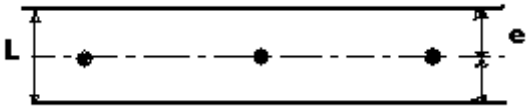


h > e

الشكل(٨-٢) توزيع الأعمدة في جهة واحدة[†]

[*] المرجع رقم ٤
[†] المرجع رقم ٤.

٢- توزيع الأعمدة في المنتصف (على جزيرة) (**central arrangement**)، كما في شكل (٨-٣)، حيث يلجأ لهذه الطريق إذا كان عرض الشارع (**L**) اقل من طول العمود مرة ونصف.



L < 1.5 h

الشكل (٨-٣) توزيع الإنارة في المنتصف*

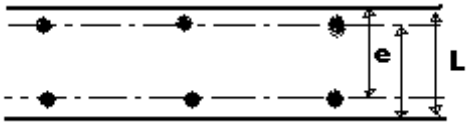
٣- توزيع الأعمدة بشكل ترنحي(**staggered arrangement**) كما في شكل(٨-٤)، ويلجا لهذه الطريقة إذا كانت **h** اقل من **e**، و **L** اقل من **1.5 h**.

h < e

L < 1.5h

الشكل (٨-٤) توزيع الأعمدة بشكل ترنحي †

٢- توزيع الإنارة بشكل متقابل (**opposite arrangement**) كما في شكل (٨-٥)، ويستخدم هذا الترتيب عندما يكون **L** اكبر من **h** مرة ونصف، أو h اكبر نصف **L**.



L > 1.5 h

h > L / 2

الشكل (٨-٥) ترتيب الإنارة بشكل تقابلي‡

---

* المرجع رقم ٤
† المرجع رقم ٤
‡ المرجع رقم ٤

٨- ٥ارتفاع 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.

٨-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة:

حيث 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 التالي (٨-١) العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود.

الجدول(٨-١) * 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).

* المرجع رقم ٤.

- في هذا المشروع عرض جزء من الطريق ١١م وبدون جزيرة ، ويقع ضمن المجموعة A3 ، كما أن عرض للشارع (L) أصغر من 1.5h .

L <1.5 h

11 < 1.5 * 9.14

11< 13.71 m

لذلك سنستخدم الطريقة الثالثة (staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة، وبالاعتماد على الجدول (٨-١)، فسيكون توزيع الأعمدة على النحو التالي:

ارتفاع العمود: ٩.١٤ متر

المسافة بين الأعمدة: ٤٠ متر

المسافة من مركز المصباح إلى جانب الطريق(Overhang): ٢.٢٩متر

- والجزء الآخر به جزيرة وعرضه ١٢ متر، ويقع ضمن المجموعة A2 ، كما أن عرض للشارع (L) أصغر من 1.5h .

L <1.5 h

12 < 1.5 * 9.14

12< 13.71 m

لذلك سنستخدم الطريقة الثانية (**central arrangement**) في عملية توزيع أعمدة الإنارة، وبالاعتماد على الجدول (٨-١)، فسيكون توزيع الأعمدة على النحو التالي:

ارتفاع العمود: ٩.١٤ متر

المسافة بين الأعمدة: ٤٠ متر

المسافة من مركز المصباح إلى جانب الطريق(Overhang): ٢.٢٩متر

□٩□

الفصل التاسع

لشارات المرور

٩-١ مقدمة

٩-٢ علامات المرور (Traffic Marking)

٩-٣ الاشارات

الفصل التاسع
علامات وإشارات المرور

٩-١ 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.

٩-٢ علامات المرور (Traffic Marking)

٩-٢-١ 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.

٩-٢-٢ 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.

٩-٢-٣أنواع علامات المرور:

١- الخطوط:

وهي إما متصلة أو متقطعة، أما المتقطعة فتستعمل لتقسيم المسارب و فصل السير في الاتجاهين، أما المتصلة تستعمل 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.

٥- 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.

٩-٣ 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.

٩-٣-١ 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 (9-1) بعض اشارات التحذير*

إشارات التحذير	مدلول الإشارة
	مفترق تقاطع طرق.
	مفترق تفرع طرق إلى اليسار.
	مفترق تفرع طرق إلى اليمين.

* إشارات المرور الخاصة بمدارس السياقة.

	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، هدىء 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 (9-2) **بعض إشارات** 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).

* إشارات المرور الخاصة بمدارس السياقة .

٩-٣-٢ 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 يتحققق 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 .

٩-٣-٣ موقع الإشارة:

لا بد أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية دن 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 المفرق 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 (9-3) المسافة بين الإشارة و التقاطع *

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

٩-٣-٤ الرؤية في الليل:

لأن الإشارة مهمة للسائق في الليل والنهار فإنه لا بد من تأمين الإضاءة أو جعلها عاكسة للأضواء بحيث يراها السائق ليلا نهارا.

٩-٣-٥ إشارات الطوارئ:

توضع أشارات مؤقتة عند وقوع حوادث أو تعطل سيارات أو وجود ضباب وهذه الإشارات تكون متنقلة ويؤمن لها إضاءة كافية من بطاريات خاصة.

* المرجع رقم ١

□١٠□

الفصل العاشر

النتائج والتوصيات

١٠-١ النتائج

١٠-٢ التوصيات

الفصل الحادي عشر
النتـــائـــج والتـــوصيـــــات

١٠-١ النتائج:

١. مسار الطريق الحالي لا يتوافق مع متطلبات التصميم السليم .
٢. أهمية الطريق انه من الطرق الرئيسي التي تصل بين مباني الجامعة، ويصل المنطقة الصناعية بمدينة الخليل.
٣. لا بد من وضع مواصفات فلسطينية محليه للطرق.
٤. بعد الدراسة وعمل المشروع فان جزء من الطريق (مفرق العجوري_المفرق ٢) يكون في اتجاه واحد، وأيضا حسب المخططات والطرق المقترحة للمنطقة.

١٠-٢ التوصيات:

١. التأكيد على بلدية الخليل والمؤسسات ذات العلاقة بإعادة تأهيل الطريق بالسرعة الممكنة تلافيا للبناء العشوائي في المنطقة.
٢. يجب إعادة تصميم الطريق وفق المعايير الهندسية وحسب الخطط التوسعية لبلدية الخليل .
٣. التنسيق بين جامعة بوليتكنك فلسطين ومؤسسات المجتمع المدني من مجالس بلدية وقروية وغيرها لدراسة المشاريع التي تهم المجتمع.طرح مساقات للتصميم الإنشائي للطرق لطلبة هندسة المساحة والجيوماتكس.
٤. يحتاج الطريق إلى تصميم وفق أسس التخطيط الحديثة بسبب كثرة المدارس واكتظاظ السكان على جانبي الطريق.

□1□

الفصل الأول

مقدمة

١-١ نظرة عامة

١-٢ نبذة تاريخية عن الطرق

١-٣ التصنيف الوظيفي للطرق

١-٤ فكرة المشروع

١-٥ أهمية وأهداف المشروع

١-٦ طريقة البحث

١-٧ هيكلية البحث

١-٨ الدراسات السابقة

الملحق الثاني

حسابات المنحنيات الأفقية والرأسية

STATION	AREAS Square Meters		VOLUMES Cubic Meters		CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters	
	CUT	FILL	CUT	FILL	CUT	FILL
0+000	5.1385	0.0000	184.2000	0.0000	184.2000	0.0000
0+025	9.8508	0.0000	163.2783	0.0000	347.4783	0.0000
0+039.05	13.4895	0.0000	12.6674	0.0000	360.1457	0.0000
0+040	13.0785	0.0000	124.8937	0.0000	485.0394	0.0000
0+050	11.8910	0.0000	107.0291	0.0000	592.0685	0.0000
0+060	9.6371	0.0000	76.9451	0.0000	669.0137	0.0000
0+068.78	8.0440	0.0000	47.8222	0.0000	716.8359	0.0000
0+075	7.3411	0.0000	175.4898	0.0009	892.3257	0.0009
0+100	6.7029	0.0001	119.3229	0.0009	1011.6486	0.0018
0+125	3.0755	0.0000	83.9707	0.0000	1095.6193	0.0018
0+150	3.6503	0.0000	110.5404	0.0000	1206.1597	0.0018
0+175	5.2407	0.0000	161.5000	0.0000	1367.6597	0.0018
0+200	7.7616	0.0000	252.9445	0.0000	1620.6042	0.0018
0+225	12.6737	0.0000	144.1117	0.0000	1764.7159	0.0018
0+239.62	7.2929	0.0000	2.7941	0.0000	1767.5101	0.0018
0+240	7.2425	0.0000	66.2396	0.0000	1833.7497	0.0018
0+250	6.0265	0.0000	55.7228	0.0000	1889.4725	0.0018
0+260	5.1466	0.0000	57.6694	0.0000	1947.1419	0.0018
0+270	6.4606	0.0000	61.0753	0.0000	2008.2172	0.0018
0+280	5.8518	0.0000	35.4603	0.1289	2043.6775	0.1307
0+286.62	5.0095	0.0575	16.8528	0.1965	2060.5303	0.3272
0+290	5.1061	0.0545	56.5552	1.3301	2117.0854	1.6573
0+300	6.4759	0.2209	66.9976	3.3167	2184.0831	4.9739
0+310	7.3810	0.4316	49.6536	3.4407	2233.7366	8.4147
0+316.26	9.2322	0.6385	38.7169	2.3532	2272.4535	10.7678
0+320	10.5709	0.6610	174.5277	6.1835	2446.9812	16.9513
0+330	23.7879	0.6105	119.4590	2.0148	2566.4402	18.9661
0+340	3.0004	0.0000	33.0049	0.0000	2599.4451	18.9661
0+350	3.6088	0.0000	45.9963	0.0000	2645.4414	18.9661
0+360	5.6615	0.0000	16.7848	0.0000	2662.2262	18.9661
0+363.26	4.6607	0.0000	70.0522	0.0000	2732.2784	18.9661
0+375	7.3731	0.0000	222.0802	0.0000	2954.3586	18.9661
0+400	10.4843	0.0000	192.2720	0.0000	3146.6307	18.9661
0+425	5.2027	0.0000	91.7620	0.0000	3238.3927	18.9661
0+450	2.3283	0.0000	60.1140	0.0000	3298.5067	18.9661
0+475	2.4817	0.0000	103.6234	0.0000	3402.1301	18.9661
0+500	6.0715	0.0000	394.6805	0.0000	3796.8106	18.9661
0+525	28.2043	0.0000	620.3779	0.0000	4417.1885	18.9661
0+550	21.5738	0.0000	370.7152	0.0000	4787.9037	18.9661
0+575	8.9874	0.0000	134.2490	0.0000	4922.1527	18.9661
0+592.12	6.7489	0.0000	0.0000	0.0000	4922.1527	18.9661

حساب نقاط المضلع

مقدمة

تعتبر نقاط المضلع من أهم الأعمال التي يجب القيام بها لأنه من خلال هذه النقاط سيتم ربط كل الأعمال الهندسية المرتبطة بالمشروع من رفع للطريق ، وتصميم المنحنيات الرأسية والأفقية وغيرها.

وقد رأينا نحن والمشرف انه يفضل استخدام الGPS في رصد نقاط المضلع ، وذلك لأنه يعطي دقة عالية في تحديد المواقع .

الGPS (Global Positioning System)هو نظام تحديد المواقع ، ويتكون من جزأين هما:

- مستقبل أول (Base) : يوضع على نقطة معلومة الإحداثيات و يكون ثابت ، ويستقبل من الأقمار الصناعية .
- مستقبل ثاني (Rover): يستقبل من Base ويوضع على النقطة المراد رصدها أو معرفة إحداثياتها لمدة زمنية .

وقد تم رصد هذه النقاط من نقطتين معلومتي الإحداثيات (A&B) بطريقة ال Static وهي إحدى الطرق التي تستخدم في معرفة إحداثيات النقاط.وكانت الإحداثيات كالأتي :

جدول(١-١) النقاط معلومة الإحداثيات

Point	E	N
A	158807.533	101824.185
B	158568.374	101505.006

النقطة A: نقطة موجودة فوق سطح مبنى A.

النقطة B: نقطة موجودة فوق سطح مبنى B.

وقد حصلنا على النتائج التالية:

Point number	Easting	Northing
7	158641.623	102590.415
8	158549.559	102560.021
9	158437.29	102679.637
10	158384.484	102780.893
11	158284.855	102812.83
12	158249.348	102876.948
13	158333.878	103007.434
14	158369.694	103107.623
15	158391.577	103266.038

الطريق الواصل بين مبنى ابو رمان ومفرق العجوري(حسابات المنحنيات الافقية):

المنحنى الثالث (لوحة رقم٦) :

المعطيات:

نصف قطر المنحنى	R = 200 m
زاوية الأنحراف	Δ = 04° 15’ 52.7202"
طول المنحنى	L = 38 m
طول المماس	T= 7.447 m
محطة نقطة القاطع	Ch of PI =0+213.414 km + m

أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e) :

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*200}$$

e= 0.055 less than e max.(e_{max}=0.12)

then V = 50 Km/h

- نحسب الآن التوسعة على المنحنى widening (w)

$$W = \frac{4*I^2}{2*R} + \frac{V}{9.5*\sqrt{R}}$$

Where I = 6.1 m

W = (4*6.1*6.1/(2*200)) +(50/(9.5*200^1/2) =0.7443m

ثانيا: حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيسر:

$$L = \frac{V^3}{a*R}$$

Where

$$a = \frac{73}{64+V} = \frac{73}{64+50} = 0.64$$

Then

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64 * 200} = 20.934 \text{ m}$$

ثالثا: حساب الإزاحة (S):

$$S = \frac{L^2}{24 * R} = \frac{20.934^2}{24 * 200} = 0.0913 \text{ m}$$

رابعا: طول المماس الكلي PT_0

$PT_0 = (R+S)\tan(\Delta/2) + (L/2)$

$= (200+0.0913) \tan((04° 15' 52.7202")/2) + (20.934 /2)$

$= 17.891$ m

خامسا: إيجاد نقطة التماس الأولى T_0 و نقطة التماس الثانية T_1

Chainage of T_0 = Chainage of P – Tangent Length

= 0+213.414– 17.891m

= 0+195.523Km+ m

Chainage of T_1 = Chainage of T_0 + L

= 0+195.523+ 20.934

= 0+216.457 m

سادسا: أطوال الأقواس الجزئية

R/40 = 200/ 40 = 5

نختار طولا للقوس الجزئي الأول بحيث تكون محطة النقطة ١ من المنحنى المتدرج رقما مدورا و منلسبا، وبما أن محطة نقطة التماس T_0 كانت 195.523 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

C_1 =200-195.523= 4.477m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 3 **و بطول** 4 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 20.934-3*4-4.77 = 4.457$ m

So we have

$c_1 = 4.447$m

$c = 4$ m

$c_2 = 4.457$ m

سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 200 * 20.934}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ degree

و عليه نرتب الجدول التالي الذي يظهر الحلول للمنحنى المتدرج الأيسر

Point #	Chord (m)	l (m)	Chainage (m)	Total Deflection angle
T_0	0	0.0	195.523	0.0
1	4.477	4.477	200	0 2 44.52
2	4	8.477	204	0 9 50.25
3	4	12.477	216	0 21 18.72
4	4	16.477	220	0 37 10.3
T_1	4.457	20.934	224.457	0 59 59.64

ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:

أ- الزاوية المركزية للمنحنى θ'

04° 15’ 52.7202"

ب- طول المنحنى الدائري L'

$$\frac{® * R * —}{180} \qquad \frac{® * 200 * 4.2646445}{180}$$

$L' =$ $=$

$= 14.886$ m

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$R / 20 = 200/ 20 = 10$ m

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 10 m، و نختار طول القوس الجزئي الأول بحيث تصبح محطة النقطة الاولى (l) رقما مدورا و مناسبا و حيث أن محطة نقطة التماس T_1 و التي تبق مباشرة النقطة (l) من المنحنى الدائري و تساوي 224.457 m ، إذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$c_1' = 230-224.457= 5.543$

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى(C) فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 6 m وعددها 1

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري c_2' فطوله يساوي

$c_2' = 14.886-1*6-5.543= 3.343$ m

د- زوايا الانحراف الجزئية:

$\delta' = 1718.87*(c/R)$

For $c_1' = 5.543$

$\delta' = 1718.87 *(7.69/250) = 47.0156\text{min} = 00\ 47\ 38$

For $c' = 6$ m

$\delta' = 1718.87 *(6/200)/60 = 00\ 51\ 33.97$

For $c_2' = 3.343$

$\delta' = 1718.87 *(3.343 /200)/60 = 00\ 28\ 43.85$

و عليه نرتب الجدول التالي

Point #	Chord (m)	L (m)	Chainage (m)	Total Deflection Angle
T_1	0.0	0.0	224.457	00 00 00
1	5.543	5.543	230	00 47 38
2	6	11.543	236	1 39 11.97
T_2	3.343	14.886	239.343	2 7 55.82

تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن

أ- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 20.934 m m

كما أن الإزاحة shift وطول المماس PT_3 هي نفسها أيضا أي

Tangent length PT_3 = 17.891 m

s = 0.0913 m

ب- محطة نقطة التماس T_3 وتساوي :

Chainage of T_3 = Chainage of T_2 + L

= 3+28.555m

ج- أطوال الأوتار الجزئية :

يجب أن يكون طول الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن، بحيث يجعل نقطة التماس T_2 رقما مدورا و مناسب، لذلك يكون الوتر الجزئي الأول مساويا ل :

R/40 = 200/ 40 = 5

نختار طولا للقوس الجزئي الأول بحيث تكون محطة النقطة ١ من المنحنى المتدرج رقما مدورا و مناسبا، وبما أن محطة نقطة التماس T_0 كانت 195.523 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

C_1 =200-195.523= 4.477m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 3 و بطول 4 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

= 20.934-3*4-4.77 = 4.457 m

So we have

c_1 = 4.447m

c = 4 m

$c_2 = 4.457$ m

سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 200 * 20.934}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ degree

و عليه نرتب الجدول التالي الذي يظهر الحلول للمنحنى المتدرج الأيسر

Point #	Chord (m)	l (m)	Chainage (m)	Total Deflection angle
T_0	0	0.0	195.523	0.0
1	4.477	4.477	200	0 2 44.52
2	4	8.477	204	0 9 50.25
3	4	12.477	216	0 21 18.72
4	4	16.477	220	0 37 10.3
T_1	4.457	20.934	224.457	0 59 59.64

معلومات باقي المنحنيات الافقية:

Alignment: al33 Description:

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0.000	102522.114	158676.942
End:	54.635	102569.617	158649.952

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	54.635	Course:	N 29° 36’ 12.7144" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	54.635	102569.617	158649.952
SPI:		102572.518	158648.304
SC:	59.635	102573.855	158647.305

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	5.000	L Tan:	3.336
Radius:	20.000	S Tan:	1.669
Theta:	07° 09’ 43.1008"	P:	0.052
X:	4.992	K:	2.499
Y:	0.208	A:	10.000
Chord:	4.997	Course:	N 31° 59’ 25.9439" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	59.635	102573.855	158647.305
RP:		102561.884	158631.283
CS:	82.930	102581.332	158626.615

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	66° 43’ 59.3113"	Type:	LEFT
Radius:	20.000		
Length:	23.294	Tangent:	13.171
Mid-Ord:	3.297	External:	3.947
Chord:	22.000	Course:	N 70° 07’ 55.4709" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	82.930	102581.332	158626.615
SPI:		102580.942	158624.992
ST:	87.930	102579.765	158621.870

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	5.000	L Tan:	3.336
Radius:	20.000	S Tan:	1.669
Theta:	07° 09’ 43.1008"	P:	0.052
X:	4.992	K:	2.499
Y:	0.208	A:	10.000
Chord:	4.997	Course:	S 71° 43’ 35.0023" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	87.930	102579.765	158621.870
End:	90.809	102578.542	158619.264

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	2.879	Course:	S 64° 51’ 48.2166" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	90.809	102578.542	158619.264
SPI:		102560.919	158581.704
SC:	1+51.809	102564.512	158560.930

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	61.000	L Tan:	41.489
Radius:	50.000	S Tan:	21.083
Theta:	34° 57’ 01.5318"	P:	3.060
X:	58.769	K:	30.126
Y:	12.078	A:	55.227
Chord:	59.997	Course:	S 76° 28’ 35.4107" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	1+51.809	102564.512	158560.930
RP:		102613.781	158569.453
CS:	1+52.461	102564.628	158560.289

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	00° 44’ 49.3117"	Type:	RIGHT
Radius:	50.000		
Length:	0.652	Tangent:	0.326
Mid-Ord:	0.001	External:	0.001
Chord:	0.652	Course:	N 79° 48’ 45.5955" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	1+52.461	102564.628	158560.289
SPI:		102568.492	158539.563
ST:	2+13.461	102598.089	158510.489

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	61.000	L Tan:	41.489
Radius:	50.000	S Tan:	21.083
Theta:	34° 57’01.5318"	P:	3.060
X:	58.769	K:	30.126
Y:	12.078	A:	55.227
Chord:	59.997	Course:	N 56° 06’06.6019" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	2+13.461	102598.089	158510.489
End:	2+35.166	102613.574	158495.279

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	21.706	Course:	N 44° 29’19.4080" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	2+35.166	102613.574	158495.279
SPI:		102631.655	158477.517
SC:	2+73.166	102641.501	158469.531

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	38.000	L Tan:	25.345
Radius:	200.000	S Tan:	12.678
Theta:	05° 26’35.1566"	P:	0.301
X:	37.966	K:	18.994
Y:	1.203	A:	87.178
Chord:	37.985	Course:	N 42° 40’28.1882" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	2+73.166	102641.501	158469.531
RP:		102767.488	158624.860
CS:	2+88.053	102653.400	158460.593

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	04° 15’52.7202"	Type:	RIGHT
Radius:	200.000		
Length:	14.886	Tangent:	7.447
Mid-Ord:	0.138	External:	0.139
Chord:	14.883	Course:	N 36° 54’47.8914" W

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	2+88.053	102653.400	158460.593
SPI:		102663.813	158453.361
ST:	3+26.053	102685.907	158440.943

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	38.000	L Tan:	25.345
Radius:	200.000	S Tan:	12.678
Theta:	05° 26’35.1566"	P:	0.301
X:	37.966	K:	18.994
Y:	1.203	A:	87.178
Chord:	37.985	Course:	N 31° 09’07.5943" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	3+26.053	102685.907	158440.943
End:	3+95.753	102746.669	158406.792

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	69.701	Course:	N 29° 20’16.3746" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	3+95.753	102746.669	158406.792
RP:		102697.673	158319.618
PT:	4+85.370	102796.354	158335.805

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	51° 20’ 47.4130"	Type:	LEFT
Radius:	100.000		
Length:	89.617	Tangent:	48.069
Mid-Ord:	9.872	External:	10.953
Chord:	86.648	Course:	N 55° 00’ 40.0811" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	4+85.370	102796.354	158335.805
End:	5+03.222	102799.244	158318.188

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	17.852	Course:	N 80° 41’ 03.7876" W

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	5+03.222	102799.244	158318.188
RP:		102848.584	158326.282
PT:	5+36.702	102814.921	158289.311

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	38° 21’ 54.0146"	Type:	RIGHT
Radius:	50.000		
Length:	33.480	Tangent:	17.395
Mid-Ord:	2.776	External:	2.939
Chord:	32.858	Course:	N 61° 30’ 06.7803" W

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	5+36.702	102814.921	158289.311
End:	6+01.721	102862.996	158245.537

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.019	Course:	N 42° 19’ 09.7730" W

Alignment: al44 Description:

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	0.000	102862.996	158245.537
End:	65.019	102814.921	158289.311

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	65.019	Course:	S 42° 19’ 09.7730" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	65.019	102814.921	158289.311
RP:		102848.584	158326.282
PT:	98.499	102799.244	158318.188

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	38° 21’ 54.0146"	Type:	LEFT
Radius:	50.000		
Length:	33.480	Tangent:	17.395
Mid-Ord:	2.776	External:	2.939
			S 61° 30’ 06.7803" E
Chord:	32.858	Course:	

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	98.499	102799.244	158318.188
End:	1+16.351	102796.354	158335.805

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	17.852	Course:	S 80° 41’ 03.7876" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
PC:	1+16.351	102796.354	158335.805
RP:		102697.673	158319.618
			158406.792
PT:	2+05.967	102746.669	

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	51° 20’ 47.4130"	Type:	RIGHT
Radius:	100.000		
Length:	89.617	Tangent:	48.069
Mid-Ord:	9.872	External:	10.953
Chord:	86.648	Course:	S 55° 00’ 40.0811" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	2+05.967	102746.669	158406.792
End:	2+75.668	102685.907	158440.943

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	69.701	Course:	S 29° 20’ 16.3746" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	2+75.668	102685.907	158440.943
SPI:		102663.813	158453.361
SC:	3+13.668	102653.400	158460.593

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	20.934	L Tan:	25.345
Radius:	200.000	S Tan:	12.678
Theta:	05° 26’ 35.1566"	P:	0.301
X:	37.966	K:	18.994
Y:	1.203	A:	87.178
Chord:	37.985	Course:	S 31° 09’ 07.5943" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	3+13.668	102653.400	158460.593
RP:		102767.488	158624.860
CS:	3+28.555	102641.501	158469.531

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	04° 15’ 52.7202"	Type:	LEFT
Radius:	200.000		
Length:	14.886	Tangent:	7.447
Mid-Ord:	0.138	External:	0.139
Chord:	14.883	Course:	S 36° 54’ 47.8914" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	3+28.555	102641.501	158469.531
SPI:		102631.655	158477.517
ST:	3+66.555	102613.574	158495.279

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	20.934	L Tan:	25.345
Radius:	200.000	S Tan:	12.678
Theta:	05° 26’ 35.1566"	P:	0.301
X:	37.966	K:	18.994
Y:	1.203	A:	87.178
Chord:	37.985	Course:	S 42° 40’ 28.1882" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	3+66.555	102613.574	158495.279
End:	3+88.260	102598.089	158510.489

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	21.706	Course:	S 44° 29’ 19.4080" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	3+88.260	102598.089	158510.489
SPI:		102568.492	158539.563
SC:	4+49.260	102564.628	158560.289

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	61.000	L Tan:	41.489
Radius:	50.000	S Tan:	21.083
Theta:	34° 57’ 01.5318"	P:	3.060
X:	58.769	K:	30.126
Y:	12.078	A:	55.227
Chord:	59.997	Course:	S 56° 06’ 06.6019" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	4+49.260	102564.628	158560.289
RP:		102613.781	158569.453
CS:	4+49.912	102564.512	158560.930

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	00° 44’ 49.3117"	Type:	LEFT
Radius:	50.000		
Length:	0.652	Tangent:	0.326
Mid-Ord:	0.001	External:	0.001
Chord:	0.652	Course:	S 79° 48’ 45.5955" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	4+49.912	102564.512	158560.930
SPI:		102560.919	158581.704
ST:	5+10.912	102578.542	158619.264

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	61.000	L Tan:	41.489
Radius:	50.000	S Tan:	21.083

Theta:	34° 57’01.5318"	P:	3.060
X:	58.769	K:	30.126
Y:	12.078	A:	55.227
Chord:	59.997	Course:	N 76° 28’35.4107" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	5+10.912	102578.542	158619.264
End:	5+13.791	102579.765	158621.870

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	2.879	Course:	N 64° 51’48.2166" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
TS:	5+13.791	102579.765	158621.870
SPI:		102580.942	158624.992
SC:	5+18.791	102581.332	158626.615

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	5.000	L Tan:	3.336
Radius:	20.000	S Tan:	1.669
Theta:	07° 09’43.1008"	P:	0.052
X:	4.992	K:	2.499
Y:	0.208	A:	10.000
Chord:	4.997	Course:	N 71° 43’35.0023" E

Curve Point Data

Description	Station	Northing	Easting
SC:	5+18.791	102581.332	158626.615
RP:		102561.884	158631.283
CS:	5+42.085	102573.855	158647.305

Circular Curve Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Delta:	66° 43’59.3113"	Type:	RIGHT

Radius:	20.000		
Length:	23.294	Tangent:	13.171
Mid-Ord:	3.297	External:	3.947
Chord:	22.000	Course:	S 70° 07’ 55.4709" E

Spiral Point Data

Description	Station	Northing	Easting
CS:	5+42.085	102573.855	158647.305
SPI:		102572.518	158648.304
ST:	5+47.085	102569.617	158649.952

Spiral Curve Data: clothoid

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	5.000	L Tan:	3.336
Radius:	20.000	S Tan:	1.669
Theta:	07° 09’ 43.1008"	P:	0.052
X:	4.992	K:	2.499
Y:	0.208	A:	10.000
Chord:	4.997	Course:	S 31° 59’ 25.9439" E

Tangent Data

Description	PT Station	Northing	Easting
Start:	5+47.085	102569.617	158649.952
End:	6+01.721	102522.114	158676.942

Tangent Data

Parameter	Value	Parameter	Value
Length:	54.635	Course:	S 29° 36’ 12.7144" E

حسابات المنحنيات الراسية:

المنحنى الأول من al44 (لوحة رقم (٧):

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

- إيجاد اقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية:

$S.D = 0.28* V* T + V^2/ [254*(F + N)]$

V= 50 km/h
p = 14.5013%

q = -8.1230%

T = 3 sec

F = 0.37

N = p – q

= 0.145013–(-0.08123) = 0.226244

$S.D = (0.28)(50)(3) + (50)^2/ [254 (0.37 +0.226244)]$

= 93.8738m

- إيجاد طول المنحنى حسب اقل مسافة للتوقف :

- Let L >S.S.D

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

Where:

H: ارتفاع عين السائق فوق سطح الطريق وهي من(١.١٠- ١.٢٢) **متر**

h: ارتفاع الجسم المرئي عن الطريق وهو من(٠.١ -٠.١٥) **متر**

$L = (0.226244)*(58.507)^2 / [(2*1.20)^{0.5} + (2* 0.1)^{0.5}]^2$

= 150.00m >S. S.D

. L<S.S.D

Length of curve = 150.00m

Reduce Level of A = 952.66m

Chainage of A = 0+007.30m

* L = 2l= 150

l= 150/2 = 75 m

* RL of A = 952.66m

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

$\left(\frac{75*14.5013}{100}\right)$

= 952.66+

= 963.535 m

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

= 952.66- $\left(\frac{75*8.123}{100}\right)$

= 957.44 m

* RL f C = ((RL of A + RL of B)/2)

= ((952.66+957.44)/2)

= 955.05 m

* CP = RL of P- RL of C

= 0.08485

* e= CP/2 = 0.08485/2

e= 0.04242 m OR

e= $\left(\frac{P+q}{400}\right)*l$ = $\left(\frac{0.145013+0.08123}{400}\right)*75$

= 0.04242 m

لفرض أن طول الوتر الجزئي x=15m

x= 15 , 30 , 45 , 60 , 75 . === 5 Unit ==== L=5 unit

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

y= 0.00169 x^2

1- At Ch = 0+007.3

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 952.66m

RL on Curve = 952.66m

2- At Ch = (0+007.43+15) = 0+ 022.43

x unit = 1

y offset = $0.167\ x^2$ =0 .00167 * 15^2 = 0.382 m

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

= 952.66 + (14.5013 %)*(15)

= 954.835 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 954.835 -0.382

= 954.453 m

و نكمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا المماس، و الجدول التالي يبين **الحسابات التي تمت** :

جدول رقم(٥-٧) مختصر حسابات المنحنى الأول (منحنى قمة) لوحة رقم (A7):

Chainage (m)	**x unit**	**y offset (m)**	**RL on Tangent (m)**	**RL on Curve (m)**
0+007.3	0	0.000	952.66	952.66
0+022.3	1	0.382	954.835	954.453
0+037.3	2	0.764	957.01	956.246
0+052.3	3	1.528	959.185	957.657
0+067.3	4	3.056	961.361	958.305

0+082.3	5	6.112	963.535	957.423
0+097.3	4	3.056	966.14	963.084
0+112.3	3	1.528	963.96	962.432
0+127.3	2	0.764	961.79	961.026
0+142.3	1	0.382	959.615	959.233
0+157.3	0	0	957.44	957.44

إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى

$$x= \left(\frac{p*L}{p+q}\right) \quad \left(\frac{0.145013*150}{0.145013+0.08123}\right)$$

$$X = 96.144$$

إذن، موقع أعلى نقطة من المنحنى الرأسي يبعد 96.144m عن نقطة التماس الأولى A و تبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار

x= 150-96.144= 53.856 m.

معلومات باقي المنحنيات الراسية:

Vertical Alignment Report

PVI Stations and Curves

Units: meter

Horizontal Alignment Information

Name: al44

Station Range: 0+000 to 0+601.72

Station Equations:

Curve Calculation Options ▾

Vertical Alignment: Center FG

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
1	0+000	951.60	14.5013	
2	0+082.30	963.53	-8.1230	150.0000
	Vertical Curve Information: (crest curve) PVC Station: 0+007.30 Elevation: 952.66 PVI Station: 0+082.30 Elevation: 963.53 PVT Station: 0+157.30 Elevation: 957.44 Grade in (%): 14.5013 Grade out (%): -8.1230 Change (%): 22.6244 Curve Length: 150.0000 High Point: 0+103.45 Elevation: 959.63 Passing Distance: 143.1951 Stopping Distance: 93.8738			
3	0+405.83	937.25	0.2995	53.2899
	Vertical Curve Information: (sag curve) PVC Station: 0+379.18 Elevation: 939.42 PVI Station: 0+405.83 Elevation: 937.25 PVT Station: 0+432.47 Elevation: 937.33 Grade in (%): -8.1230 Grade out (%): 0.2995 Change (%): 8.4225 Curve Length: 53.2899 Low Point: 0+430.58 Elevation: 937.33 Headlight Distance: 40.7293			
4	0+513.33	937.58	-9.3821	76.9050
	Vertical Curve Information: (crest curve) PVC Station: 0+474.87 Elevation: 937.46			

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
	PVI Station: 0+513.33 Elevation: 937.58 PVT Station: 0+551.78 Elevation: 933.97 Grade in (%): 0.2995 Grade out (%): -9.3821 Change (%): 9.6816 Curve Length: 76.9050 High Point: 0+477.25 Elevation: 937.46 Passing Distance: 198.1744 Stopping Distance: 107.0956			
5	0+601.72	929.28		

Units: meter

Horizontal Alignment Information

Name: al33
Station Range: 0+000 to 0+592.12
Station Equations: None

Curve Calculation Options ▾

$$\frac{L^2}{24 * R}$$

Vertical Alignment: Center FG

PVI	Station	Elevation	Grade Out (%)	Curve Length
1	0+000	950.21	1.8481	
2	0+493.40	959.32	-8.7916	84.5154
	Vertical Curve Information: (crest curve) PVC Station: 0+451.14 Elevation: 958.54 PVI Station: 0+493.40 Elevation: 959.32 PVT Station: 0+535.66 Elevation: 955.61 Grade in (%): 1.8481 Grade out (%): -8.7916 Change (%): 10.6397 Curve Length: 84.5154 High Point: 0+465.82 Elevation: 958.68 Passing Distance: 187.5970 Stopping Distance: 104.7197			
3	0+592.12	950.65		

المراجـــع :

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

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

٣- فيضي شبانة، جامعة بوليتكنك فلسطين، دوسية هندسة مساحة .٢

٤- محمود توفيق سالم، هندسة الطرق ١، منشورات الراتب للأبحاث والدراسات الجامعية، بيروت، لبنان، ١٩٨٤.

٥- نبيل الجولاني، جامعة بوليتكنك فلسطين، دوسية هندسة طرق،

٦- يوسف صيام، عبدا لله القرني ،سعد القاضي ، تغطية مساحية للطرق، دار مجدلاوي للنشر ، عمان ، الأردن ، .١٩٩٩

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

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

9-Ministry of Public Work, High Design Manual , 1978.

10-http://www.momra.gov.sa/specs/internal.asp