**بسم الله الرحمن الرحيم**

# المتطلبات المساحية اللازمة لتصميم طريق حلحول – بيت أولا


**فريق العمل:**

**عامر حمدان سعدة عمر عيسى السعدة**

**محمد موسى مشلى**

**المشرف:**

**م. فيضي شبانه**


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
الإسم:.....

توقيع رئيس الدائرة
الإسم:.....


**جامعة بوليتكنيك فلسطين**

**الخليل – فلسطين**


**2000**

# الإهـــــــــــــداء

**" وقل رب أدخلني مدخل صدق وأخرجني مخرج صدق واجعل لي من لدنك سلطانا نصيرا"**

**صدق الله العظيم**

**إلى أجمل الأمهات.....**

**إلى من عشقت أن أكون ابنا لأجله.....**

**إلى من لا تكتمل الفرحة إلا بلقائهم.....**

**إلى قلب أدخل معنا جميلا في حياتي.....**

**إلى من أحببت مسؤوليتي بصداقته....**

**إلى اللذين يهرعون مع أول خيوط الفجر..**

**يهزون أرجوحة المجد..لطفل كنعاني..**

**عشق الوطـــــن.. وأحب حجارتـه ..**

**لطفولة تهتف.. لبيك فلســـــطين لبيك..**

**إلى حبات سنبلة.. تقاوم ضربة المنجل..**

**إلـى أيد مقيدة.. برغـم قيودهـا تعمل..**

**إلـــى الطفـــل الذي اغتيلت طفولتـــه..**

**ولـــم يرحـــل..**

**إلى الخالدين.. في ضمير شعبنا..**

**إلى من استشهد في سبيل أرض وطني الحبيب فلسطين..**

**فريق العمل**

# كلمـــــة شكر

**بدأت أطراف الطريق تلوح لأعيننا**

**وبدأت الأيام تعلن اقتراب نهاية الرحلة**

**وعيون الناظرين تعد خطواتنا الأخيرة فيها.**

**وها نحن نمعن النظر في آخر صفحات الطريق**

**واللهفة وقودنـا ، والذكـرى عبيرنا ، والعلم هدانـا.**

**و بإلتفاتة خجلة الى ثنايا الطريق المنعم بالتعب والسـهر،**

**لا بد أن يظهر لنا من مهد الطريق أمامنا ليغدو سهلا**

**ومن أخذ بيدنا وأرسلنا الى الصواب**

**في الطليعة نقدم بطاقة شكر ومحبة**

## للمهنـدس فيضي شبـــانة

**الذي قام بالإشراف على هذا البحث**

**فكان خير مرشد وخير معلم وصديق في آن واحد.**

**ونوجه تحية شكر وامتنان للجهاز الإداري والعلمي في دائرة الهندسة المدنية والمعمارية ونخص بالذكر المهندس كمال غطاشة... والدكتور نبيل الجولاني... والدكتور نافذ ناصر الدين... والمهندس خليل كرامة.**

**فريق العمل**

# خلاصة المشروع

## المتطلبات المساحية اللازمة لتصميم طريق حلحول – بيت أولا


**فريق العمل :**

عامر حمدان سعدة  عمر عيسى السعدة

محمد موسى مشعل

جامعة بوليتكنك فلسطين ٢٠٠٥

المشرف: م. فيضي شبانه.



يشمل المشروع القيام بجميع المتطلبات المساحية اللازمة لتصميم طريق حلحول – بيت أولا، وقد تم اختيار هذا المشروع لما له من أهمية حيوية فهو الطريق الوحيد المباشر الرابط بين حلحول وبيت أولا، حيث يشكل هذا المشروع تطبيقا للمفاهيم الهندسية والمواصفات الفنية الواجب إتباعها عند القيام بتصميم أي طريق من وجهة النظر المساحية. يحتوي هذا المشروع على عدة فصول نظرية وحسابية مبينة بالتفصيل في هيكلية المشروع، ويتكون هذا المشروع من جزأين: عمل ميداني وعمل مكتبي.

كما ويتطرق المشروع إلى اشارات المرور ، ويتطرق أيضا إلى موضوع الإنارة وتوزيع الأعمدة.

# Abstract


**THE SURVEYING REQUIREMENTS TO DESIGN HALHUL-BIET ULA ROAD**

**Project Team:**

*AMER SA'ADA* *OMER ALSA'DEH*

*MOHAMMED MISHA'AL*

**Palestine Polytechnic University-2005**

**Supervisor:**

Eng. Faydi Shabaneh

This project is a redesign of Halhul-Biet Ula road from Geomatics point of view, the importance of this road is that it is the only regional road between halhul and biet ula. 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, cross sections and the mass whole diagram.

## فهرس المحتويات


| الرقم | الموضوع | الصفحة |
|---|---|---|
| | صفحة عنوان المشروع | *I* |
| | الإهداء | *II* |
| | كلمة شكر | *III* |
| | الخلاصة | *IV* |
| | **Abstract** | *V* |
| | فهرس المحتويات | *VI* |
| | فهرس الأشكال | *XII* |
| | فهرس الجداول | *XVI* |
| الفصل الأول | مقدمة | 1 |
| ١-١ | نظرة عامة | 2 |
| ١-٢ | نبذة تاريخية عن الطرق | 3 |
| ١-٣ | التصنيف الوظيفي للطرق | 4 |
| ١-٤ | فكرة المشروع | 4 |
| ١-٥ | أهمية المشروع | 6 |
| ١-٦ | طريقة البحث | 6 |

| | | |
|---|---|---|
| **١-٧** | هيكلية البحث | 7 |
| **١-٨** | الدراسات السابقة | 10 |
| **الفصل الثاني** | **الأعمال المساحية** | **11** |
| **٢-١** | مقدمة | 12 |
| **٢-٢** | دراسة المخططات | 12 |
| **٢-٣** | الأعمال الاستطلاعية | 12 |
| **٢-٤** | مرحلة الدراسات المساحية الأولية | 13 |
| **٢-٥** | مرحلة الأعمال المساحية النهائية | 14 |
| **الفصل الثالث** | **التصميم الهندسي وتخطيط الطريق** | **15** |
| **٣-١** | مقدمة | 16 |
| **٣-٢** | السرعة | 17 |
| **٣-٢-١** | السرعة التصميمية | 17 |
| **٣-٢-٢** | سرعة الجريان | 17 |
| **٣-٢-٣** | السرعة اللحظية المتوسطة | 17 |
| **٣-٢-٤** | مواصفات السرعة التصميمية | 18 |
| **٣-٣** | مسافة الرؤية | 19 |
| **٣-٣-١** | مسافة الرؤية للتوقف | 19 |
| **٣-٣-٢** | مسافة الرؤية للتجاوز | 21 |
| **٣-٤** | مكونات سطح الطريق | 24 |
| **٣-٤-١** | عرض الطريق والمسارب | 24 |
| **٣-٤-٢** | أرصفة المشاة | 25 |
| **٣-٤-٣** | الأكتاف | 25 |
| **٣-٤-٤** | الجزيرة الوسطى | 25 |

| | | |
|---|---|---|
| **٣-٤-٥** | الأطاريف | 26 |
| **٣-٤-٥-١** | الأطاريف الحاجزة | 26 |
| **٣-٤-٥-٢** | الأطاريف الغاطسة | 27 |
| **٣-٤-٦** | الميول الجانبية | 27 |
| **٣-٤-٧** | الميول الطولية | 28 |
| | | 29 |

**الفصل الرابع** **حجم المرور** 32

| | | |
|---|---|---|
| **٤-١** | مقدمة | 33 |
| **٤-٢** | الهدف من دراسة حجم المركبات | 33 |
| **٤-٣** | تعداد المركبات | 34 |
| **٤-٤** | أنواع التعداد على الطرق | 34 |
| **٤-٥** | طرق إجراء التعداد | 35 |
| **٤-٦** | فترات التعداد | 35 |
| **٤-٧** | السير الحالي والمستقبلي | 36 |
| **٤-٨** | عمر الطريق | 36 |
| **٤-٩** | تحليل المعلومات حول حجم السير | 36 |
| | | 36 |

**الفصل الخامس** **التخطيط الأفقي للطريق** 43

| | | |
|---|---|---|
| **٥-١** | مقدمة | 44 |
| **٥-٢** | المنحنيات الأفقية | 44 |
| **٥-٣** | أنواع المنحنيات الأفقية | 45 |

| | | |
|---|---|---|
| ٤-٥ | المنحنيات المتدرجة | 46 |
| ٥-٥ | تصميم المنحنيات الأفقية | 47 |
| ١-٥-٥ | تصميم المنحنيات الدائرية البسيطة | 47 |
| ٦-٥ | الرفع الجانبي | 52 |
| ١-٦-٥ | الطرق المتبعة في الرفع الجانبي | 56 |
| ٧-٥ | المنحنيات الانتقالية | 57 |
| ٨-٥ | التوسعة على المنحنيات | 61 |

| | | |
|---|---|---|
| الفصل السادس | التخطيط الرأسي | 69 |
| ١-٦ | مقدمة | 70 |
| ٢-٦ | اختيار الانحدارات | 70 |
| ٣-٦ | الطول الحرج | 71 |
| ٤-٦ | شروط الانحناء في المقطع الطولي | 73 |
| ٥-٦ | إشارة الميل وزاوية التدرج | 75 |
| ٧-٦ | عناصر المنحنى الرأسي | 76 |
| ٨-٦ | تحديد موقع أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى الرأسي | 78 |
| ١-٨-٦ | حالة كون المماسين في اتجاهين مختلفين | 78 |
| ٩-٦ | العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي | 80 |
| ١٠-٦ | اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي | 84 |
| ١١-٦ | الجمع بين التخطيط الأفقي والرأسي | 85 |
| الفصل السابع | حساب المساحات والحجوم | 93 |

| | | |
|---|---|---|
| **٧-١** | حساب مساحات المقاطع العرضية المختلفة | 94 |
| **٧-١-١** | الطريقة الحسابية في حساب مساحات المقاطع العرضية | 94 |
| **٧-١-٢** | طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية | 97 |
| **٧-٢** | حساب الحجوم والكميات | 102 |
| **٧-٢-١** | حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي | 102 |
| **٧-٢-١-١** | الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين المتتاليين | 102 |
| **٧-٣** | طريقة العمل | 115 |
| **٧-٤** | التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم | 116 |
| **٧-٥** | خواص منحنى الحجوم | 117 |
| **٧-٦** | مسافة النقل المجاني ومسافة النقل الاقتصادي الأعظمية | 118 |

| | | |
|---|---|---|
| **الفصل الثامن** | **تصميم التقاطعات** | 120 |
| **٨-١** | مقدمة | 121 |
| **٨-٢** | أنواع التقاطعات | 121 |
| **٨-٢-١** | التقاطع العادي البسيط | 122 |
| **٨-٢-٢** | التقاطع الجرسي | 124 |
| **٨-٢-٣** | التقاطع ذو القنوات | 125 |
| **٨-٣** | فوائد القنوات في التقاطع | 126 |
| **٨-٤** | نقاط التصادم | 127 |
| **٨-٥** | أنصاف أقطار الدوران | 128 |
| **٨-٦** | عرض المسرب المخصص للدوران | 128 |
| **٨-٧** | مسافة الرؤية اللازمة للتوقف | |

| | | |
|---|---|---|
| ٨-٨ | مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع | 129 |
| ٨-٩ | الجزر والقنوات على التقاطعات | 130 |
| ٨-٩-١ | مكونات الجزر | 133 |
| ٨-٩-٢ | أشكال الجزر | 133 |
| ٨-٩-٣ | مواصفات الجزر | 133 |
| | | 135 |

**الفصل التاسع — الإنارة على الطريق** 136

| | | |
|---|---|---|
| ٩-١ | مقدمة | 137 |
| ٩-٢ | مواصفات الإضاءة | 137 |
| ٩-٣ | أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة | 137 |
| ٩-٤ | طريقة توزيع الإضاءة على الشارع | 139 |
| ٩-٥ | ارتفاع أعمدة الإنارة | 141 |
| ٩-٦ | المسافة بين أعمدة الإنارة | 141 |

**الفصل العاشر — علامات إشارات المرور** 145

| | | |
|---|---|---|
| ١٠-١ | مقدمة | 146 |
| ١٠-٢ | علامات المرور | 146 |
| ١٠-٢-١ | أهداف علامات المرور | 146 |
| ١٠-٢-٢ | الشروط الواجب توفرها في العلامات | 147 |
| ١٠-٢-٣ | أنواع علامات المرور | 147 |
| ١٠-٣ | الإشارات | 148 |

| | | |
|---|---|---|
| ١٠-٣-١ | أنواع الإشارات | 148 |
| ١٠-٣-٢ | مواصفات الاشارات | 152 |
| ١٠-٣-٤ | الرؤية في الليل | 153 |
| ١٠-٣-٥ | إشارات الطوارىء | 153 |

| | | |
|---|---|---|
| الفصل الحادي عشر | النتائج والتوصيات | 15 |
| ١١-١ | النتائج | 155 |
| ١١-٢ | التوصيات | 155 |
| *11-3* | المراجع | 156 |
| ١١-٤ | الملاحق | *157* |

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Traverse Computations | 158 |
| 2 | حساب المنحنيات الأفقية | 179 |
| 3 | حساب المنحنيات الرأسية | 209 |
| 4 | مخططات المشروع | 224 |


## فهرس الإشكال التوضيحية


| الرقم | اسم الشكل | الصفحة |
|---|---|---|
| ٣-١ | مسافة الرؤية للتوقف | ٢٠ |

| | | |
|---|---|---|
| ٢-٣ | مسافة الرؤية للتجاوز | ٢١ |
| ٣-٣ | أنواع الأطاريف | ٢٨ |
| ٤-٣ | الميول الطولية | ٣٠ |
| ١-٥ | مسار مشروع طريق معين | ٤٤ |
| ٢-٥ | أنواع المنحنيات الدائرية | ٤٦ |
| ٣-٥ | المنحنيات الحلزونية | ٤٧ |
| ٤-٥ | عناصر المنحنى الدائري البسيط | ٤٨ |
| ٥-٥ | الأوتار وزوايا الانحراف الجزئية في المنحنى الدائري | ٤٨ |
| ٦-٥ | درجة الانحناء | ٥١ |
| ٧-٥ | الرفع الجانبي للطريق | ٥٣ |
| ٨-٥ | إلغاء الميل العرضي | ٥٦ |
| ٩-٥ | دوران قطاع الرصف | ٥٧ |
| ١٠-٥ | الإزاحة في المنحنى الدائري | ٥٩ |
| ١١-٥ | طريقة توقيع التوسعة للمنحنى | ٦٢ |
| ١-٦ | الطول الحرج | ٧٢ |
| ٢-٦ | جزء من مقطع طولي لطريق | ٧٣ |
| ٣-٦ | الحالات الأربع لفرق الميل و زاوية التدرج | ٧٥ |
| ٤-٦ | عناصر المنحنى الرأسي | ٧٦ |

| | | |
|---|---|---|
| ٦-٥ | موقع أعلى أو أخفض نقطة لمنحنى رأسي غير متماثل إشارة ميل مماسيه مختلفة | ٧٨ |
| ٦-٦ | موقع أعلى أو أخفض نقطة لمنحنى رأسي غير متماثل إشارة ميل مماسيه غير مختلفة | ٨٢ |
| ٦-٧ | منحنى رأسي قاع | ٨٠ |
| ٦-٨ | شروط الرؤية لمنحنى رأسي قاع | ٨٣ |
| ٧-١ | سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل | ٩٥ |
| ٧-٢ | مقطع عرضي من ثلاث نقاط | ٩٦ |
| ٧-٣ | مقطع عرضي من خمس نقاط | ٩٧ |
| ٧-٤ | حساب المساحة بطريقة الإحداثيات | ٩٨ |
| ٧-٥ | مقطع عرضي في منطقة ردم | ١٠٠ |
| ٧-٦ | المقطع الأول حفر والثاني حفر | ١٠٣ |
| ٧-٧ | مقطع عرضي المقطع الأول حفروالثاني ردم | ١٠٥ |
| ٧-٨ | مقطعين عرضيين الأول حفر كامل والثاني مختلط | ١٠٧ |
| ٧-٩ | مقطع عرضي الأول ردم والأخر مختلط | ١٠٩ |
| ٧-١٠ | مقطع عرضي بيم مقطعيين عرضيين مختلطين | ١١١ |
| ٧-١١ | مقدار الميول الجانبية | ١١٥ |
| ٧-١٢ | مثال لمنحنى الحجوم | ١١٧ |

| | | |
|---|---|---|
| ٨-١ | الشكل البسيط للتقاطع | ١٢٣ |
| ٨-٢ | تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع | ١٢٣ |
| ٨-٣ | تقاطع بسيط مع توسيع الطريق من الجهة المقابلة | ١٢٤ |
| ٨-٤ | إضافة مسرب كامل على التقاطع | ١٢٤ |
| ٨-٥ | انعطاف دورة واحدة | ١٢٥ |
| ٨-٦ | انعطاف مزدوج على التقاطع | ١٢٥ |
| ٨-٧ | انعطاف مع جزيرة تقسيم على التقاطع | ١٢٥ |
| ٨-٨ | انعطاف مع جزيرة دوران مزدوج على التقاطع | ١٢٦ |
| ٨-٩ | مسافة الرؤية على التقاطع إما وقوف أو تعديل سرعة | ١٢٦ |
| ٨١٠ | مسافة الرؤية على التقاطع_وقوف السيارة على الطريق الفرعي | ١٣٠ |
| ٨-١١ | أشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات | ١٣٢ |
| ٨-١٢ | أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع | ١٣٤ |
| ٨-١٣ | أبعاد الجزيرة الطولية على التقاطع | ١٣٤ |
| **٩-١** | أعمدة الإضاءة على الطريق | 139 |
| **٩-٢** | توزيع الأعمدة في جهة واحدة | 140 |
| **٩-٣** | توزيع الإنارة في المنتصف | 140 |
| **٩-٤** | توزيع الأعمدة بشكل ترنحي | 140 |

**٥-٩** ترتيب الإنارة بشكل تقابلي 141

## فهرس الجداول


| الرقم | اسم الجدول | الصفحة |
|---|---|---|
| ٣-١ | العلاقة بين السرعة التصميمية وسرعة الجريان | ١٨ |
| ٣-٢ | السرعة التصميمية للطرق الحضرية | ١٩ |
| ٣-٣ | العلاقة بين السرعة التصميمية ومسافة الرؤية للتوقف | ٢٠ |
| ٣-٤ | العلاقة بين السرعة ومعامل الاحتكاك | ٢١ |
| ٣-٥ | العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظمي | ٢٣ |
| ٣-٦ | تأثير الميول على مسافة الرؤية للتوقف | ٢٤ |
| ٣-٧ | الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة | ٢٩ |
| ٣-٨ | الميول الجانبية للردم حسب الارتفاعات | ٢٩ |
| ٤-١ | عدد المركبات حسب أيام الاسبوع | ٣٨ |
| ٤-٢ | عدد المركبات حسب أيام الاسبوع (طريق حلحول- بيت أولا) | ٣٩ |
| ٤-٣ | متوسط عدد المركبات لكل ساعة | ٤٠ |
| ٤-٤ | نسبة المركبات حسب الأيام | ٤٠ |
| ٥-١ | قيم معامل الاحتكاك حسب السرعة التصميمية | ٥٤ |
| ٥-٢ | أقصى قيمة رفع جانبي | ٥٤ |
| ٥-٣ | أقل نصف قطر للمنحنى بدلالة السرعة التصميمية ودرجة الرفع الجانبي للطريق والاحتكاك الجانبي | ٥٥ |

| | | |
|---|---|---|
| ٤-٥ | اتساع الرصف عند المنحنيات حسب نصف القطر | ٦١ |
| ١-٦ | الانحدار حسب السرعة وطبوغرافية الأرض | ٧١ |
| ٢-٦ | العلاقة بين الطول الحرج والانحدار | ٧١ |
| ١-٧ | حساب المساحة بطريق الإحداثيات | ٩٨ |
| ٢-٧ | مساحات المقاطع العرضية وكميات الحفر والردم | ١١٣ |
| ١-٨ | أنصاف أقطار الدوران بالنسبة لنوع الطريق | ١٢٨ |
| ٢-٨ | الحد الأدنى لنصف القطر على المنحنى | ١٢٨ |
| ٣-٨ | عرض المسرب على التقاطع | ١٢٩ |
| ٤-٨ | مسافة الرؤية للتوقف على التقاطع | ١٣٠ |
| ٥-٨ | مسافة الرؤية اللازمة لتعديل سرعة السيارة أو توقفها | ١٣٢ |
| ١-٩ | العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطريق وارتفاع العمود والمسافة عن حافة الطريق | ١٤٢ |
| ١-١٠ | بعض اشارات التحذير | ١٤٩ |
| ٢-١٠ | بعض اشارات الإرشاد ومدلولاتها | ١٥١ |
| ٣-١٠ | المسافة بين الإشارة والتقاطع | ١٥٣ |

(1)

# الفصل الأول

## مقدمة

١-١ نظرة عامة
١-٢ نبذة تاريخية عن الطرق
١-٣ التصنيف الوظيفي للطرق
١-٤ فكرة المشروع
١-٥أهمية المشروع
١-٦طريقة البحث
١-٧هيكلية البحث
١-٨الدرلسات السابقة

# الملحق رقم (١)

# Traverse Computations

# 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 وعروض 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 وعروضها حوالي ( 16 ـ 25 متراً).

جـ ـ طرق حضرية من الدرجة الثالثة ( محلية ).

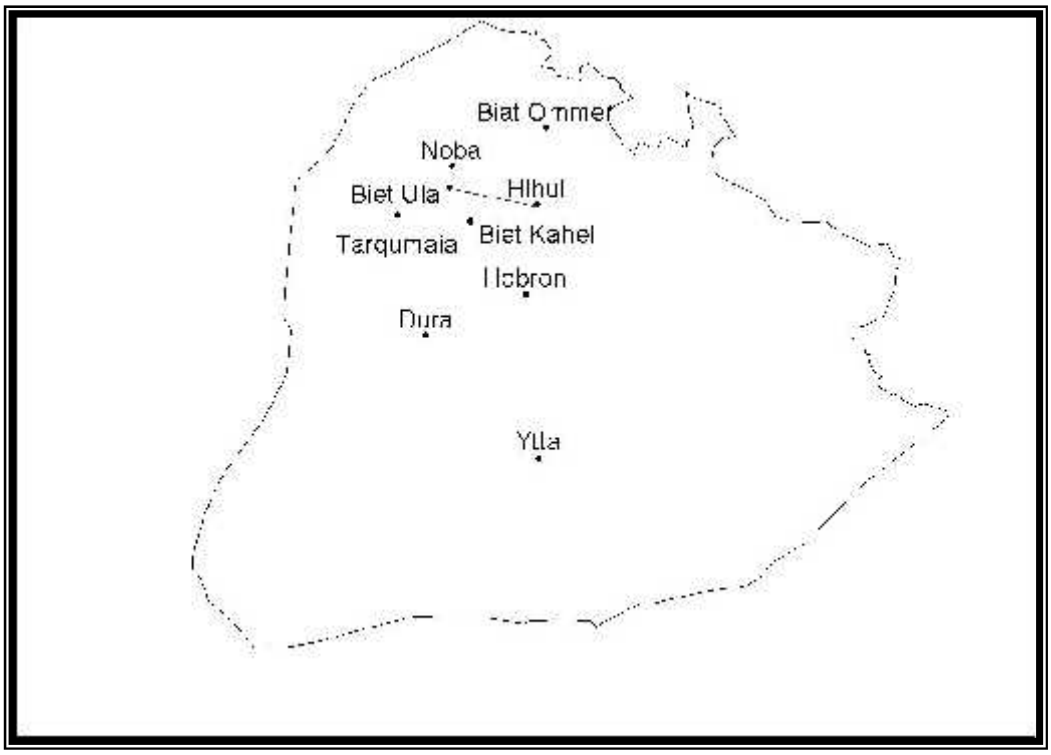
تقوم بتجميع المركبات خلال المناطق السكنية ومناطق الأنشطة إلي درجات الطرق الأعلى وتحمل أقل مقدار من المرور في الشبكة وتعتبر أقل درجة في التدرج الهرمي لشبكة الطرق وعروضها حوالي (12ـ 16 متراً).

والطريق موضوع البحث (حلحول-بيت أولا) يعتبر من الطرق المحلية.

**١-٤فكرة المشروع:**

طريق حلحول –بيت أولا هو الطريق الواصل بين غربي مدينة حلحول وقرية بيت أولا وهو طريق من جزأين الأول معبد والأخر ترابي غير مطابق لأدنى المواصفات الهندسية والفنية، كما أن

الطريق بحاجة الى توسيع حيث أن الطريق بوضعه الحالي لا يخدم خط السير بين حلحول وبيت أولا بل يخدم قليلا من الأغراض الزراعية ، الشكل ١-١ يوضح الموقع العام للمشروع .




الشكل (١-١) الموقع العام للمشروع

وقد لاحظنا أثناء القيام بالمسح الميداني للطريق تذمر بعض المواطنين من أصحاب المنازل المقامة على جانبي الطريق جهة مدينة حلحول من تجمع مياه الأمطار في الطريق ومنهم من اشتكى من عدم توفر رؤية كافية على أحد المنحنيات الرأسية.

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

**١-٥ أهمية المشروع:**

لا يختلف اثنان على أن الهدف من وراء إنشاء الطرق حسب المواصفات الهندسية هو خدمة الناس وتسهيل حركتهم لقضاء حاجاتهم و وصل المناطق ببعضها، فيلاحظ البعض أن الطريق الواصل بين مدينة حلحول وقرية بيت أولا نهضة عمرانية وزراعية على طول الطريق، فلابد من وضع تصميم نموذجي يخدم تلك الأغراض.

يكتسب هذا الطريق أهميته لعدة أسباب، فمنها كونه الطريق المباشر الوحيد بيت مدينة حلحول وقرية بيت أولا، وأيضا أن إعادة تصميم هذا الطريق حسب المواصفات والمقاييس الهندسية من شأنه أن يؤدي الى تطوير في المنطقة على طول الطريق، كذلك خدمة المنطقة حيث أنها حسب مخططات بلدية حلحول من مناطق التوسع العمراني والحضري مستقبلا.

**١-٦طريقة البحث:**

- بداية تم الرجوع الى بلدية حلحول فتبين أنهم بحاجة الى تصميم هندسي للطريق الواصل بين بيت أولا و حلحول.
- تم الاتفاق مع المشرف على المشروع بصورة مبدئية ومن ثم تم زيارة الموقع والاتفاق على المشروع بصورة نهائية.
- تم الاتفاق على أسم المشروع ( المتطلبات المساحية اللازمة لتصميم طريق حلحول- بيت أولا ).
- القيام بجولة استطلاعية للموقع وتعيين نقاط المضلع الكاشفة لأجزاء الطريق.
- مراجعة مديرية الحكم المحلي في الخليل للاستفسار عن المواصفات المقترحة للطريق؛ حيث أن هذا الطريق لا يقع ضمن حدود بلدية حلحول.
- القيام بعمل مضلع مغلق، وتصحيحه بطريقة ( Bowditch Rule).
- البدء برفع أجزاء الطريق.
- القيام بعمليات التصميم النهائية من تحديد مسار الطريق وعرضه والميول الجانبية.. الخ.
- القيام بكتابة المشروع بصورته النهائية.

### 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**: تخطيط الطريق يشمل مقدمة عامة، السرعة(السرعة التصميمية، سرعة الجريان، السرعة اللحظية المتوسطة، مواصفات السرعة التصميمية)، مسافة الرؤية(مسافة الرؤية للتوقف، مسافة الرؤية للتجاوز الآمن) مكونات جسم الطريق(عرض الطريق والمسارب، أرصفة المشاة، الأكتاف، الجزيرة الوسطى، البردورات، الميول الجانبية، الميول الطولية، الميول العرضية ).
- **الفصل الرابع**: حجم المرور (وشمل دراسة حجم المرور الحالي والمستقبلي لبيان عدد المسارب).
- **الفصل الخامس**: التخطيط الأفقي للطريق (بيان أنواع المنحنيات الافقية وعناصرها وطرق توقيعها).
- **الفصل السادس**: التخطيط الراسي للطريق( بيان أنواع المنحنيات الراسية وعناصرها وطرق توقيعها ).
- **الفصل السابع**: حساب الكميات(ويشمل حساب مساحات المقاطع العرضية للطريق وايجاد كميات الحفر والردم بين هذه المقاطع).
- **الفصل الثامن**: تصميم التقاطعات (ويشمل أنواع التقاطعات وأنصاف أقطار الدوران على التقاطع).
- **الفصل التاسع**: الإنارة على الطريق(ويشمل أنواع المصابيح المستخدمة على الطريق وطريقة توزيعها على الطريق)
- **الفصل العاشر**: علامات وإشارات المرور على الطريق(ويشمل الهدف من وضع علامات المرور، أنواع علامات المرور و الشروط الواجب توفرها في علامات المرور)
- **الفصل الحادي عشر**: النتائج والتوصيات.

وفيما يلي بيان للجدول الزمني للمشروع :

# الجدول الزمني

الجدول الزمني لمقدمة المشروع

| النشط / الأسبوع | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| جمع المعلومات | | | | | | | | | | | | | | | | |
| المساحة الاستطلاعية | | | | | | | | | | | | | | | | |
| العمل الميداني | | | | | | | | | | | | | | | | |
| الرسم بالكمبيوتر | | | | | | | | | | | | | | | | |
| تجهيز التقرير الأولي | | | | | | | | | | | | | | | | |
| تجهيز التقرير النهائي | | | | | | | | | | | | | | | | |

الجدول الزمني للمشروع

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

## ١-٨ الدراسات السابقة:

بعد الرجوع إلى بلدية حلحول والاستفسار عن المخططات والدراسات السابقة المتعلقة بالطريق، لم نجد عندهم أي مخطط للطريق أو حتى خريطة للمنطقة أو حتى المخطط الهيكلي للمنطقة ولم نجد عندهم إلا مخطط تصوير جوي قديم لا يخدم الغرض.

وتم الرجوع الى وزارة الحكم المحلي في الخليل والاستفسار عن الطريق فأخبرونا أنهم هم أيضا لا يملكون أية مخططات للموقع، واخبرونا أن العرض المقترح الطريق 20 متر وهذا ما اخبرنا به من بلدية حلحول أيضا.

# (٢)
# الفصل الثاني
# الأعمال المساحية

٢-١ مقدمة

٢-٢ الأعمال الاستطلاعية

٢-٣ دراسة المخططات

٢-٤ مرحلة الدراسات المساحية الأولية

٢-٥ مرحلة الأعمال المساحية النهائية

# الفصل الثاني
## الأعمال المساحية

### ٢-١ مقدمة:

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:** بعد الرجوع إلى كافة المؤسسات التي من الممكن الحصول منها على أي مخططات تشمل الطريق موضوع البحث لم نجد لديهم أي مخططات تشمل الطريق( كما ورد ذلك في الدراسات السابقة).

**٢-٣ الأعمال الاستطلاعية ( Reconnasssance 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.
٥- 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.

## ٢-٤ 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 **الشروط**.

وقد قمنا بتنفيذ الأعمال التالية:

1- **عمل مضلع** (link traverse) للطريق، يبدأ بنقطتين معلومتي الإحداثيات وينتهي بنقطتين معلومتي الإحداثيات.

2- عمل رفع للطريق الموجودة ورفع جميع التفاصيل الموجودة من أبنية **وأعمدة** هاتف وكهرباء **وأسوار** **وغيرها** من التفاصيل.

3- اخذ مقاطع عرضية للطريق عند كل تغير وذلك لحساب كميات الحفر والردم من اجل التوسيع في 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**، تحديد مواقع الجسور **والعبارات... الخ**. كذلك لابد للفريق المصمم أن يأخذ بعين الاعتبار مختلف النواحي البيئية والاجتماعية والاقتصادية والفنية التي تسهل عملية إختيار مسار الطريق.

# الملحق رقم (٣)

## حساب المنحنيات الرأسية

# (٣)
# الفصل الثالث
## التصميم الهندسي وتخطيط الطريق


٣-١ مقدمة
٣-٢ السرعة
٣-٣ مسافة الرؤية
٣-٤ مكونات جسم الطريق

# الفصل الثالث
# التصميم الهندسي وتخطيط الطريق

## ٣- ١ مقدمة

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

لذلك يجب الأخذ بعين الاعتبار ما يلي:

- أن يؤدي الطريق إلى قيادة آمنة للسيارات والسائق.
- أن يكون التصميم متكاملا مع تجنب التغيرات 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 الوفر 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.

## ٣-٢ 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 الى 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 الدراسة في حوادث الطرق.

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

### ٣-٢-١ السرعة 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.

### ٣-٢-٢ سرعة الجريان Running Speed:

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

### ٣-٢-٣ السرعة 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 |
| 110 | 88 |
| 120 | 94 |
| 130 | 100 |
| 140 | 106 |

### ٣-٢-٤ 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.

* المرجع رقم ١٠

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 |

**٣-٣ 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 .

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

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

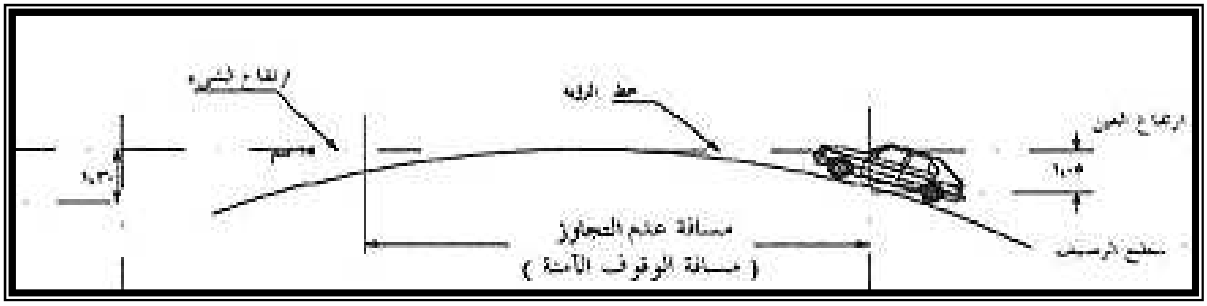
* المرجع رقم ١٠

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 |

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




الشكل 3-1مسافة الرؤية للتوقف†

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

V:سرعة العربة (كم/ساعة)

f: معامل الاحتكاك

t: زمن رد الفعل (عادة 2.5 ثانية )

* المرجع رقم٦
† المرجع رقم ٣

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

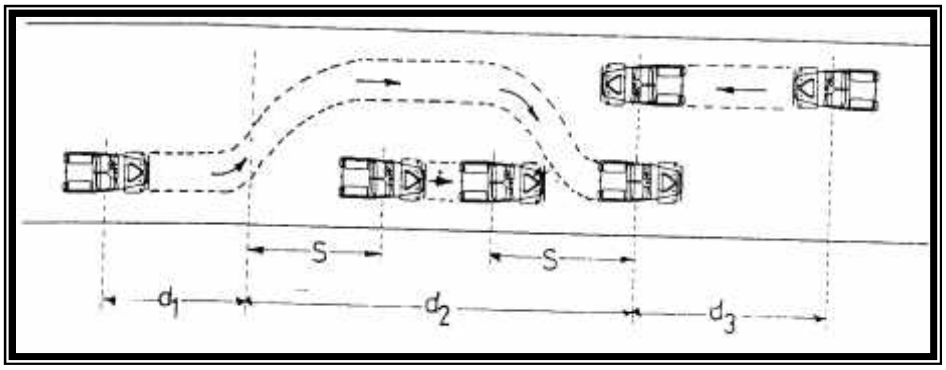
والجدول يوضح معامل الاحتكاك بسرعات مختلفة

**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 |

### ٣-٣-٢مسافة 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. **وللشكل** (٣-٢) يوضح ذلك.




**للشكل** 3-2مسافة الرؤية **للتجاوز**†

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

* **المرجع رقم** 6
† **المرجع رقم** 6

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

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

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

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

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).

---

* يختلف زمن رد الفعل للسائق في حالة التجاوز عنه في حالة التوقف وذلك حسب AASHTO . حيث أنه في حالة التوقف 2.5 ثانية كما ورد في صفحة (20) .

جدول (3-5) العلاقة بين السرعة والتسارع الأعظمي*

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

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 .

* المرجع رقم ٤

جدول (3-6) 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.

**٣-٤ مكونات سطح الطريق:**

**٣-٤-١عرض 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 3.65 م . وفي حالة الطرق السريعة يفضل أن يؤخذ عرض الحارة 3.75 م نظرا لمرور عربات النقل ونظرا للسرعة الكبيرة للعربات عموما.

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

* المرجع رقم ١٠

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 .

### ٣-٤-٢ 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**.

### ٣-٤-٣ الأكتاف:

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 2%-1 وذلك من أجل تصريف المياه حيث يكون سطح الكتف غالبا اخشن من سطح الطريق ولهذا يحتاج الى ميل أكثر.

**٣-٤-٤الجزيرة 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 القاطعات السطحية. ويتراوح عرض هذه الجزر بين (1.25-18)م او اكثر . وليس بالضرورة ان يكون هذا العرض ثابت على طول الطريق .

**٣-٤-٥الاطاريف:**

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 .

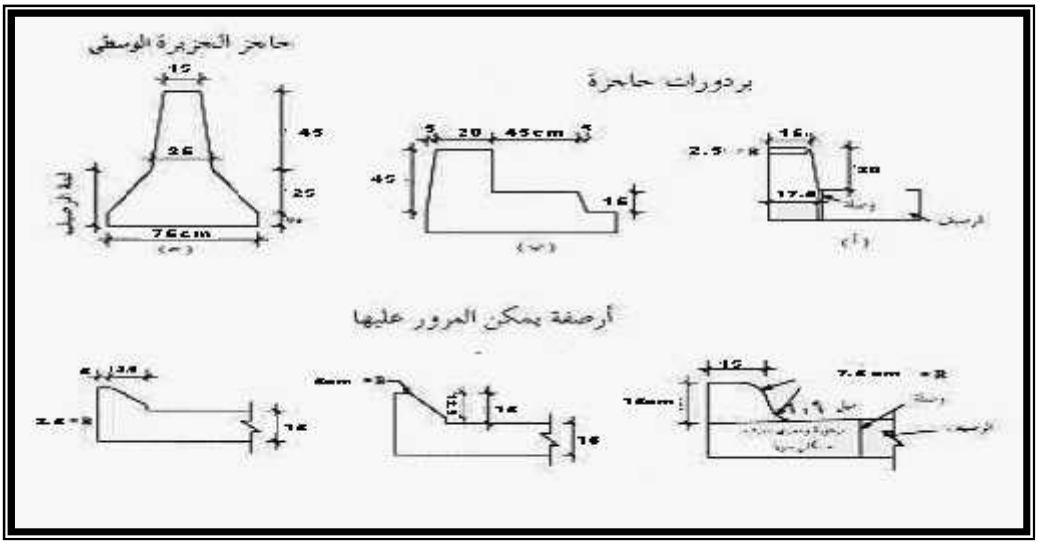
### ٣-٤-٥-١ الاطاريف الحاجزة:

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

### ٣-٤-٥-٢ 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.*

### ٣-٤-٦الميول 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

**جدول ( ٣-٧) الميول الجانبية للقطوع حسب نوع التربة***

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

**جدول ( ٣-٨) الميول الجانبية للجسور ( الردم ) حسب الارتفاعات†**

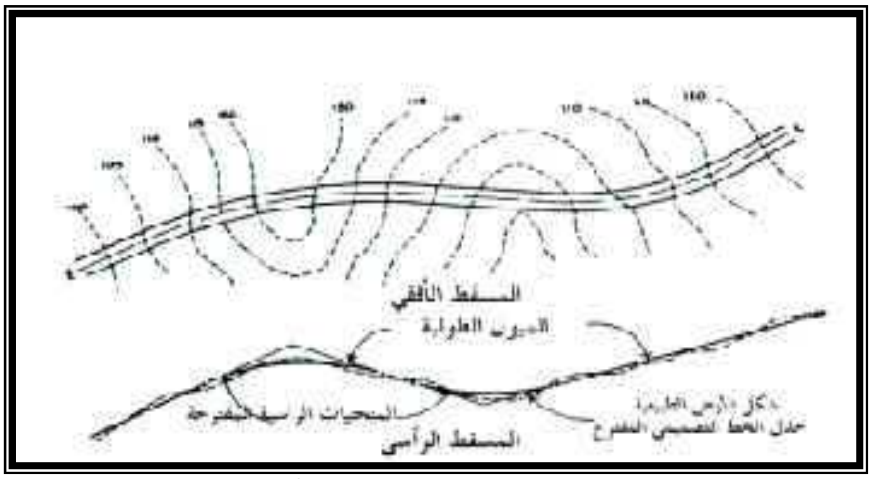
| الارتفاع (متر ) | الميول الجانبية للردم (أفقي: رأسي) | |
|---|---|---|
| | مرغوب | أقصى ميل |
| ١-٠ | ١ : ٦ | ١ : ٤ |
| ٣-١ | ١ : ٤ | ١ : ٣ |
| ٥-٣ | ١ : ٣ | ١ : ٢ |
| ٥ | ١ : ٢ | ١ : ٢ |

**٣-٤-٧ 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.

* المرجع رقم ١
† المرجع رقم ١

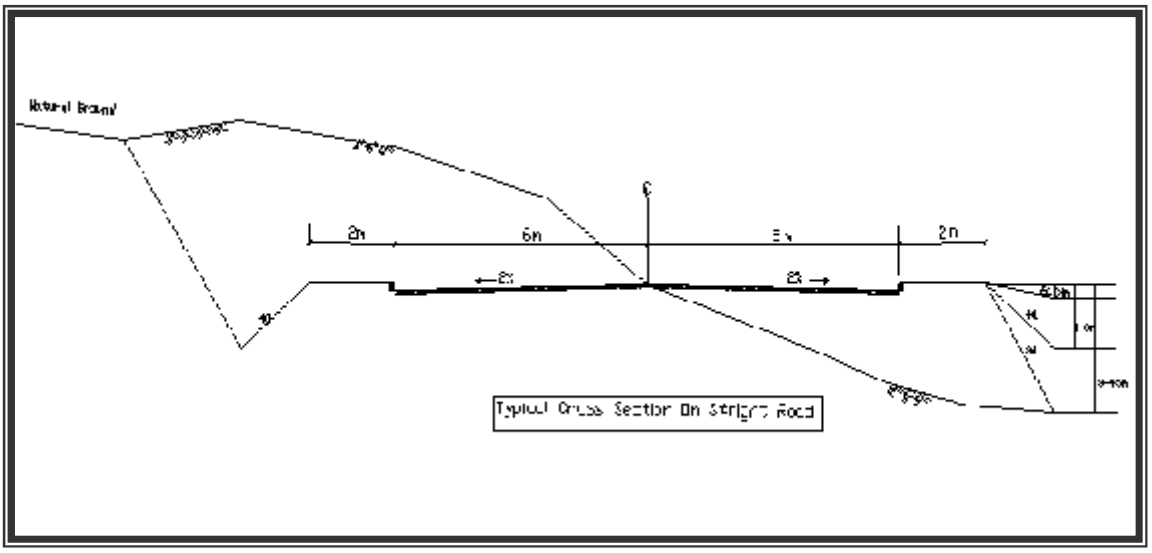



**الشكل** (3-4) الميول الطولية *

**٣-٤-٨ 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.

* المرجع رقم ١٠




الشكل (٣-٥) مقطع عرضي نموذجي*

* المرجع رقم ١٠

# (٤)
# الفصل الرابع
# حجم المرور

٤-١ مقدمة.
٤-٢ الهدف من دراسة حجم المركبات.
٤-٣ تعداد المركبات.
٤-٤ أنواع التعداد على الطريق.
٤-٥ طرق إجراء التعداد.
٤-٦ فترات التعداد(الدولم).
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، وهي تختلف عن كثافة السير التي تعرف 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:

١. تصميم الطريق المراد إنشاؤه.
٢. التنبؤ بعدد السيارات في المستقبل.
٣. 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 القاطعات.
- 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 مقارنة مع 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 لفترة يوم كامل.
- تعداد لفترة أسبوع.
- تعداد لعدة اشهر.
- تعداد في أيام العطل.
- تعداد أثناء إغلاق بعض الشوارع.

**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 بالإضافة إلى الزيادة الناتجة في تطور البلد.
- السير المتطور: يتولد هذا السير من التحسين في المنطقة حيث يتم الاستفادة من الأراضي في استعمالات جديدة كالزراعة والسياحة والصناعة.

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

**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.

إن تصميم الطريق لفترة قصيرة يؤدي إلى الحاجة المستمرة لإعادة التأهيل، أما التصميم لفترة زمنية طويلة يسبب زيادة التكاليف بشكل كبير.

**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 اختيار حجم السير المناسب فانه يجري تحديد عرض الطريق، وسرعة السيارات عليها وغير ذلك.

وبالنسبة لطريق ( حلحول – بيت أولا) لا يوجد مرور حالي، حيث تم القيام بتعداد للمركبات على طريق آخر مماثل " أي مشابه له في معظم ظروفه من حيث السرعة و الطبوغرافية و الغرض الذي يؤديه الطريق" له وهو طريق ( حلحول – نوبا) .
وقد حصلنا على النتيجة التالية:

جدول (٤-١) عدد المركبات حسب أيام الأسبوع*

| اليوم | الفترة الزمنية | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الزمن | عدد المركبات | الزمن | عدد المركبات | الزمن | عدد المركبات |
| الجمعة ٢٠٠٥/٣/١٥ | ٨-٧ | ١٣٠ | ١١-١٠ | ١٣٣ | ٤-٣ | ١٥٨ |
| | ٩-٨ | ١٣٣ | ٢-١ | ١٥٣ | ٥-٤ | ١٧٠ |
| | ١٠-٩ | ١٤٥ | ٣-٢ | ١٥٥ | | |
| السبت ٢٠٠٥/٣/١٦ | ٨-٧ | ٢٤٢ | ١-١٢ | ٢٥٨ | ٤-٣ | ١٧٣ |
| | ٩-٨ | ٢٣٣ | ٢-١ | ٢٥٥ | | |
| | ١٢-١١ | ٢٢٥ | ٣-٢ | ٢٦٧ | | |
| الأحد ٢٠٠٥/٣/١٧ | ٨-٧ | ٢٤٥ | ١١-١٠ | ٢٠٥ | | |
| | ٩-٨ | ٢٦٧ | ٤-٣ | ١٨٨ | | |
| | ١٠-٩ | ١٩٥ | ٥-٤ | ١٦٣ | | |
| الاثنين ٢٠٠٥/٣/١٨ | ٨-٧ | ٢٤٢ | ١١-١٠ | ١٨٨ | ٢-١ | ٢٤٥ |
| | ٩-٨ | ٢٢٧ | ١٢-١١ | ١٩٠ | ٣-٢ | ٢٥٠ |
| | ١٠-٩ | ٢٣٥ | ١-١٢ | ١٧٨ | | |
| الثلاثاء ٢٠٠٥/٣/١٩ | ٨-٧ | ٢٥٢ | ١١-١٠ | ١٧٧ | | |
| | ٩-٨ | ٢٤٥ | ٤-٣ | ١٦٨ | | |
| | ١٠-٩ | ١٨٧ | ٥-٤ | ١٩٨ | | |
| الأربعاء ٢٠٠٥/٣/٢٠ | ٨-٧ | ٢٤٥ | ١٢-١١ | ١٧٣ | ٣-٢ | ٢٥٥ |
| | ٩-٨ | ٢٥٣ | ١-١٢ | ١٩٠ | ٤-٣ | ٢٢٨ |
| | ١٠-٩ | ٢١٧ | ٢-١ | ٢٥٣ | | |
| الخميس ٢٠٠٥/٣/٢١ | ٨-٧ | ١٤٨ | ١١-١٠ | ١٤٢ | ٢-١ | ١٥٨ |
| | ٩-٨ | ١٨٢ | ١٢-١١ | ١٤٥ | ٣-٢ | ١٨٠ |
| | ١٠-٩ | ١٧٠ | ١-١٢ | ١٢٨ | ٤-٣ | ٢٦٧ |

* هذا الجدول يمثل المرور الذي كان يعبر طريق ( حلحول – نوبا ) ، بالإضافة للمركبات الزراعية التي كانت تعبر طريق حلحول – بيت أولا ، ٦٠% من هذا المرور هو لطريق حلحول – بيت أولا حيث تم المعرفة عن طريق تشخيص المركبات العمومية والباصات الصغيرة وسؤال بعض سائقي السيارات الخاصة .

جدول رقم (٤-٢عدد المركبات حسب أيام الأسبوع (طريق حلحول-بيت اولا).

| اليوم | الفترة الزمنية | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | الزمن | عدد المركبات | الزمن | عدد المركبات | الزمن | عدد المركبات |
| الجمعة ٢٠٠٥/٣/١٥ | ٨-٧ | ٧٨ | ١١-١٠ | ٨٠ | ٤-٣ | ٩٥ |
| | ٩-٨ | ٨٠ | ٢-١ | ٩٢ | ٥-٤ | ١٠٢ |
| | ١٠-٩ | ٨٧ | ٣-٢ | ٩٣ | | |
| السبت ٢٠٠٥/٣/١٦ | ٨-٧ | ١٤٥ | ١-١٢ | ١٥٥ | ٤-٣ | ١٠٤ |
| | ٩-٨ | ١٤٠ | ٢-١ | ١٥٣ | | |
| | ١٢-١١ | ١٣٥ | ٣-٢ | ١٦٠ | | |
| الأحد ٢٠٠٥/٣/١٧ | ٨-٧ | ١٤٧ | ١١-١٠ | ١٢٣ | | |
| | ٩-٨ | ١٣٦ | ٤-٣ | ١١٣ | | |
| | ١٠-٩ | ١١٧ | ٥-٤ | ٩٨ | | |
| الاثنين ٢٠٠٥/٣/١٨ | ٨-٧ | ١٤٥ | ١١-١٠ | ١١٣ | ٢-١ | ١٤٧ |
| | ٩-٨ | ١٣٦ | ١٢-١١ | ١١٤ | ٣-٢ | ١٥٠ |
| | ١٠-٩ | ١٤١ | ١-١٢ | ١٠٧ | | |
| الثلاثاء ٢٠٠٥/٣/١٩ | ٨-٧ | ١٥١ | ١١-١٠ | ١٠٦ | | |
| | ٩-٨ | ١٤٧ | ٤-٣ | ١٠١ | | |
| | ١٠-٩ | ١١٢ | ٥-٤ | ١١٩ | | |
| الأربعاء ٢٠٠٥/٣/٢٠ | ٨-٧ | ١٤٧ | ١٢-١١ | ١٠٤ | ٣-٢ | ١٥٣ |
| | ٩-٨ | ١٥٢ | ١-١٢ | ١١٤ | ٤-٣ | ١٣٧ |
| | ١٠-٩ | ١٣٠ | ٢-١ | ١٥٢ | | |
| الخميس ٢٠٠٥/٣/٢١ | ٨-٧ | ٨٩ | ١١-١٠ | ٨٥ | ٢-١ | ٩٥ |
| | ٩-٨ | ١٠٩ | ١٢-١١ | ٨٧ | ٣-٢ | ١٠٨ |
| | ١٠-٩ | ١٠٢ | ١-١٢ | ٧٧ | ٤-٣ | ١٣٦ |

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 (٤-٣) متوسط عدد المركبات لكل ساعة

| الأيام | متوسط عدد المركبات لكل ساعة | | |
|---|---|---|---|
| | سيارة | باص | شحن |
| الجمعة | 80 | ٣ | ٦ |
| السبت | 129 | 5 | 8 |
| الأحد | 112 | 4 | 6 |
| الاثنين | 122 | 3 | 7 |
| الثلاثاء | 113 | 5 | 5 |
| الأربعاء | 122 | 5 | 7 |
| الخميس | 88 | 3 | 8 |

جدول رقم (٤-٤) نسبة المركبات حسب الأيام

| الأيام | نسبة المركبات حسب الأيام | | |
|---|---|---|---|
| | سيارة | باص | شحن |
| الجمعة | 90% | 3% | 7% |
| السبت | 91% | 4% | 6% |
| الأحد | ٩٢% | 3% | 5% |
| الاثنين | 92% | 2% | 6% |
| الثلاثاء | 92% | 4% | 4% |
| الأربعاء | 91% | 4% | 5% |
| الخميس | 89% | 3% | 8% |

من اجل إعادة تأهيل وتصميم للشارع 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(٤-٣):

الباصات = ٣+٥+٣+٤+٥+٥+٣= 28 باص/ساعة.

(28/7) * 2.5 = 10 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

الشاحنات = 8+7+5+7+6+8+6= 47شاحنة/ساعة.

(47/7)*3=20.14 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

السيارات الصغيرة =٨٨+122+113+122+112+129+80=٧٦٦سيارة صغيرة/ساعة.

(766/7)=109.43 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع.

متوسط عدد السيارات الصغيرة في الساعة =109.43+20.14+10=140 سيارة صغيرة/ساعة.أسبوع .

معدل المرور اليومي(A.D.T) = 24*140= 3360 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**).

A.D.T = 3360 Vehicle / day.

$A.D.T_{(After\ 20\ years)}$ = 3360 *2.5 = 8400 Vehicle / day .

( Where 2.5 is the peak factor) .

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

D.H.V = 0.16 * 8400 = 1344 V.P.H.

No. Of lanes 1344/850 = 1.6 Lanes=2 lanes.

One Lane for each Direction.

# (٥)
# الفصل الخامس
# التخطيط الأفقي للطريق

٥-١ مقدمة
٥-٢ المنحنيات الأفقية
٥-٣ أنواع المنحنيات الأفقية
٥-٤ المنحنيات المتدرجة
٥-٥ تصميم المنحنيات الأفقية
٥-٦ الرفع الجانبي
٥-٧ المنحنيات الانتقالية
٥-٨ توسيع المنحنيات

# الفصل الخامس
## التخطيط الأفقي

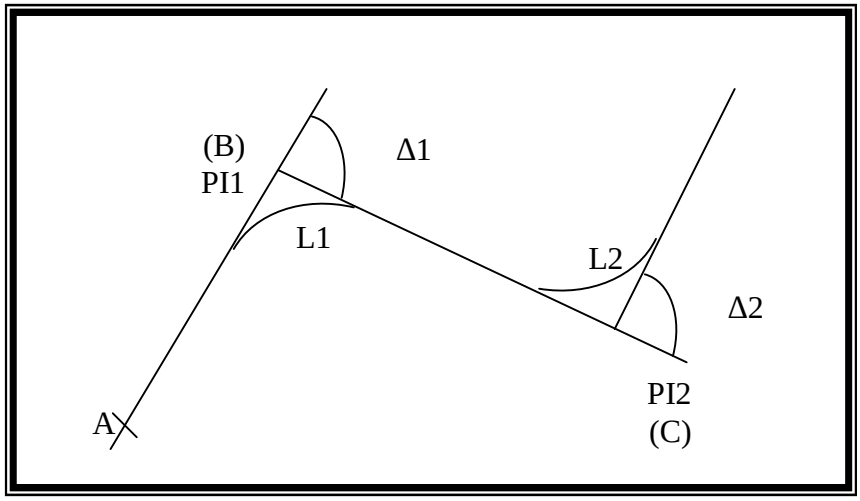
### ٥-١ مقدمة:

إن مهمة التخطيط الأفقي تنحصر في تحديد المسارات وأطوال أضلاعها وزوايا انحرافها ونقاط تقاطعها بالإضافة الى تصميم المنحنيات الأفقية وتحديد أطوالها وحساب عناصرها وبداياتها ونهاياتها وميولها وتثنيتها.

إن أطوال أضلاع المسارات وزوايا انحرافها تحددها طبيعة الأرض و طبوغرافية هذه الأرض، وعلى المصمم أن يختار المنحنيات المناسبة التي تتمشى مع هذه المسارات.

### ٥-٢ 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 [*]

[*] المرجع رقم ٧

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.

**٣-5 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 وهنالك 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- المحنيات 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:**

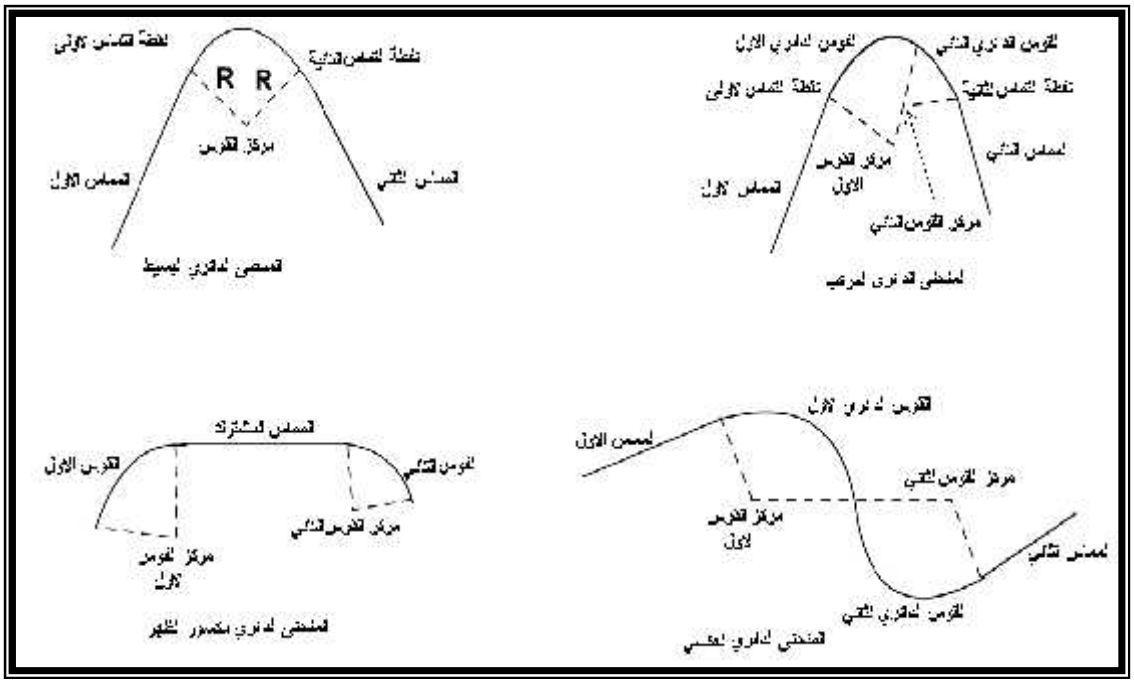
حيث يتم توصيل الخطين المستقيمين بأكثر من قوس دائري بالشروط التالية:

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*

**5-٤ المنحنيات المتدرجة:**

وهي على ثلاثة أنواع:

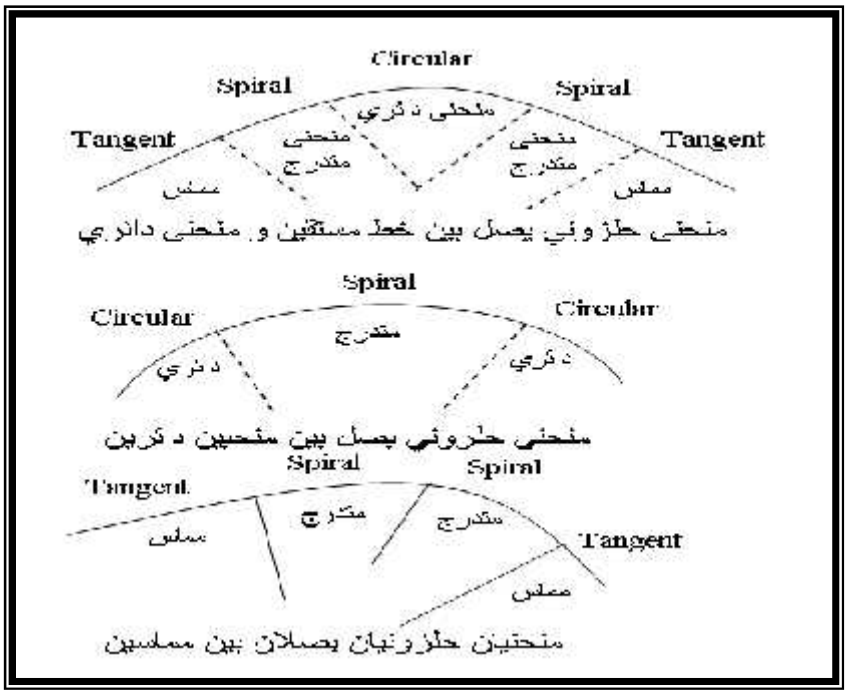
١- منحنى متدرج يصل بين خط مستقيم وآخر منحنى دائري Spiral Between Tangent and Circular Curve.

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 .



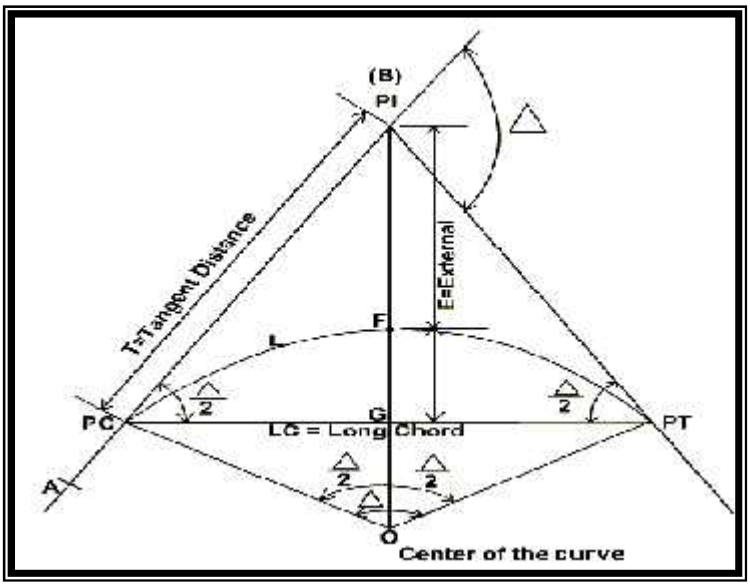

الشكل(5-3) المنحنيات الحلزونية*

**5-0 تصميم المنحنيات الأفقية:**

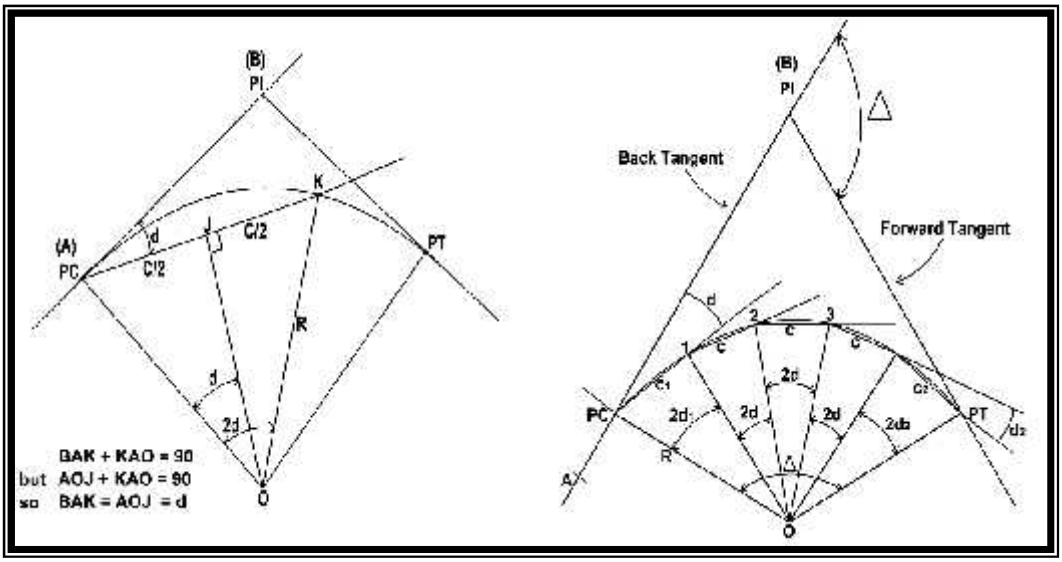
**5-0-1 تصميم المنحنيات الدائرية البسيطة:**

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 **القطة الأولى من المنحنى رقما** مدورا مناسبا يقبل **القسمة على** 20 **أو**25.
- 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 25،,١٠٢٠ **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:

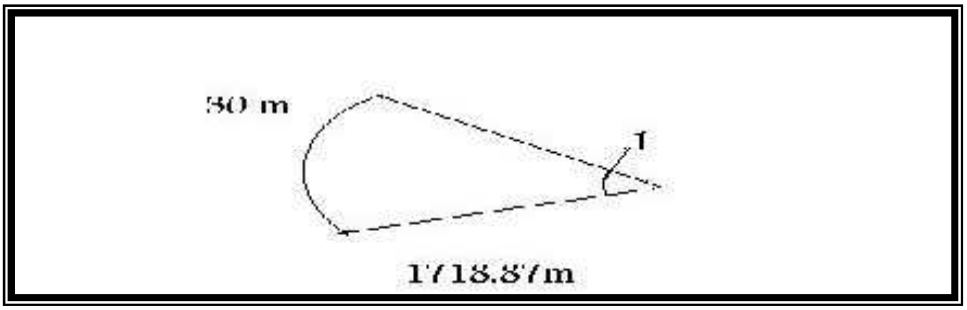
$$\sin\frac{D}{2}=\frac{50}{R}\rightarrow R=\frac{50}{\sin\frac{D}{2}} \quad \text{.....5.1}$$

- حالة وزارة الأشغال العامة:

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

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)

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

**٥-** طول **المنحنى** (L)

[*] المرجع رقم ٧ .

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

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:

$$do=1718.873\ Co/R \quad .....$$

حيث :

do: زاوية الانحراف الجزئية (بالدقائق).

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

R: نصف قطر المنحنى الدائري (م).

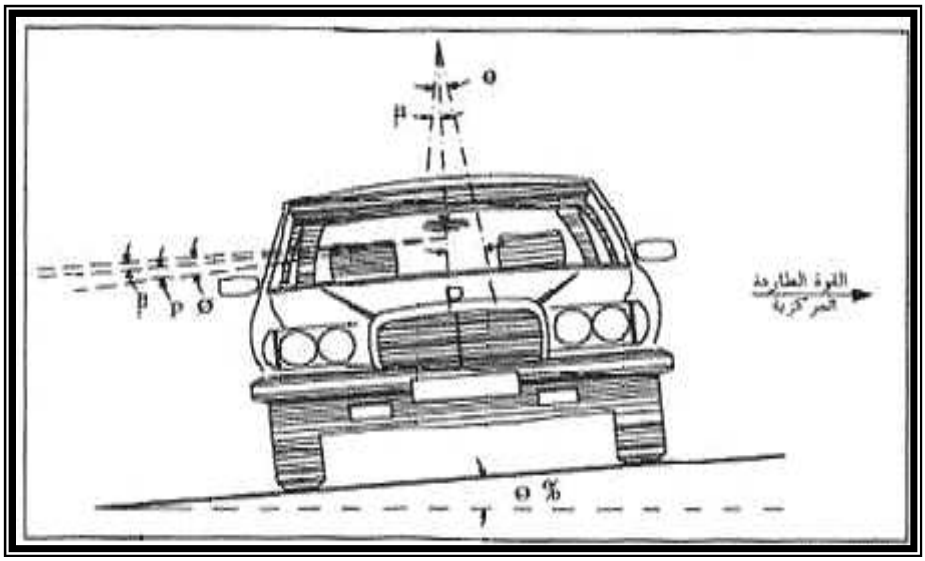
٧- أطوال الأوتار الجزئية(c1,c,c2):

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 (قبل القسمة على 5 أو 10).

## ٦-٥ 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)

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

* المرجع رقم ١٠

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

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

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

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

**ملاحظة**: أقصى قيمة يمكن قبولها لمعامل الاحتكاك هي 0.16 ، 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 الجانببي 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 |

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

* المرجع رقم ٤
* المرجع رقم ١٠

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) .†

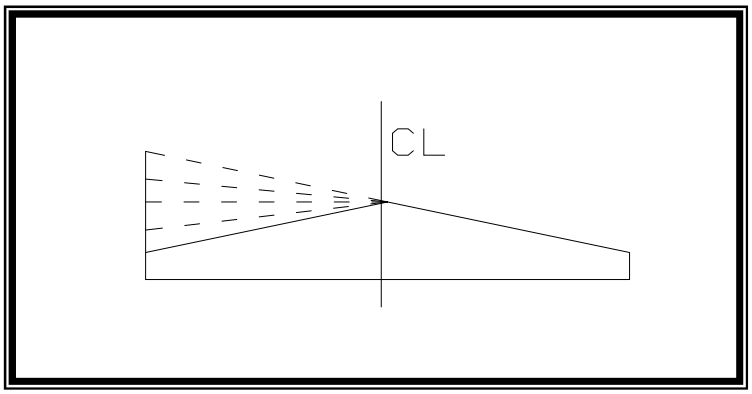
* المرجع رقم ١٠

† المرجع رقم ٣

### ٥-٦-١ 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.

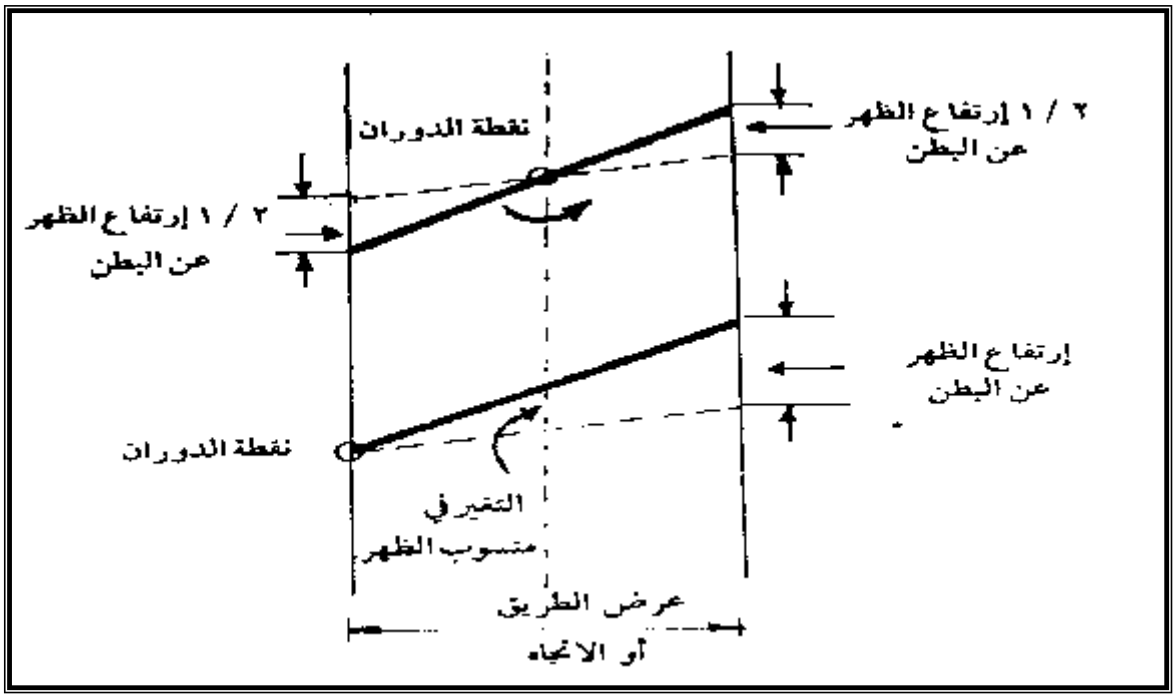
٢ – دوران قطاع الطريق: هنالك طريقتان للوصول إلى الرفع الكلي لظهر المنحنى و هي:

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 الشكل رقم(4-9) يوضح دوران قطاع الطريق حول محور الطريق و دوران القطاع حول الحافة الداخلية.




شكل رقم(5-9): دوران قطاع الرصف*

### ٧-٥ 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.

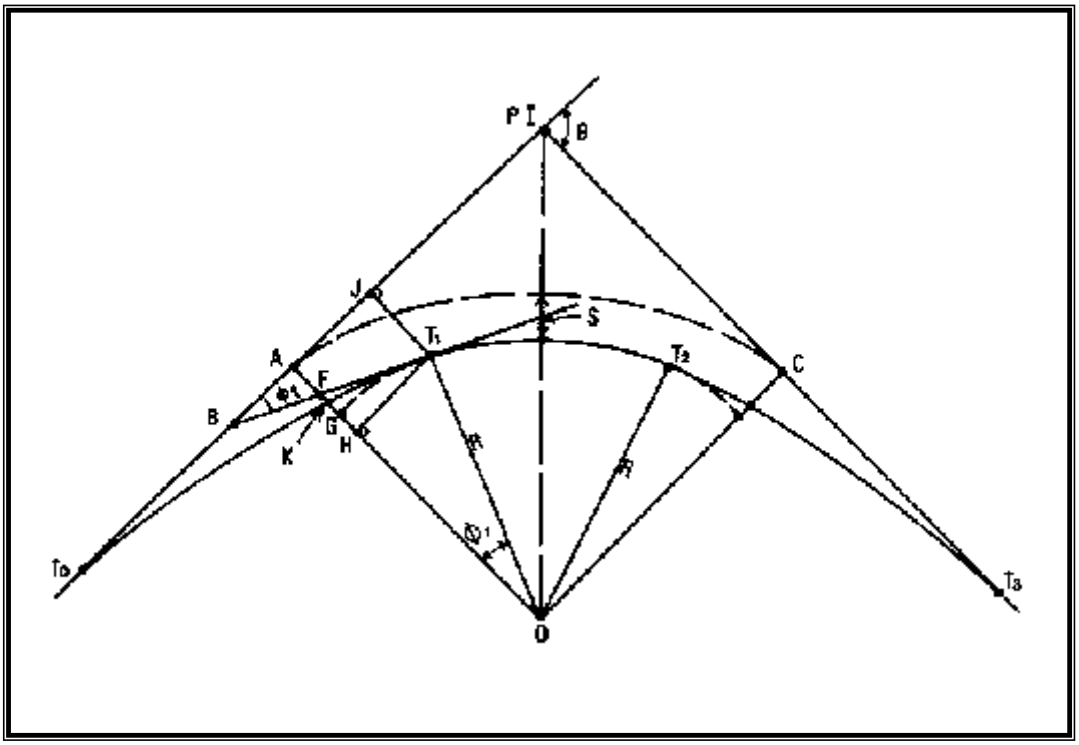
R : نصف قطر المنحنى.

---

* 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 $PT_0$ :**

$$PT_0 = (R+S) \tan(\Delta/2) + (L/2) \quad \text{.....5.13}$$

**ملاحظة:** الزاوية ($\theta$) هي نفسها الزاوية ($\Delta$)

* المرجع رقم ٦

❖ **إيجاد نقطة التماس الأولى $T_0$ و نقطة 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

$$\text{—}' = \text{—} - 2¤ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 5.16$$

### ٥-٨ التوسعة على المنحنيات Curve Widening:

عند مرور العربة على المنحنى فان العجل الخلفي يعبر النحنى على نصف قطر اقل من ذلك للعجل، وبالتالي يتم زيادة اتساع الرصف عند المنحنيات لجعل ظروف تشغيل العربات على المنحنى مشابهة لذلك على الطريق المستقيم، ويوضح جدول رقم (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 انظرشكل رقم .....

ويكون مقدار التوسيع حسب المعادلة التالية:

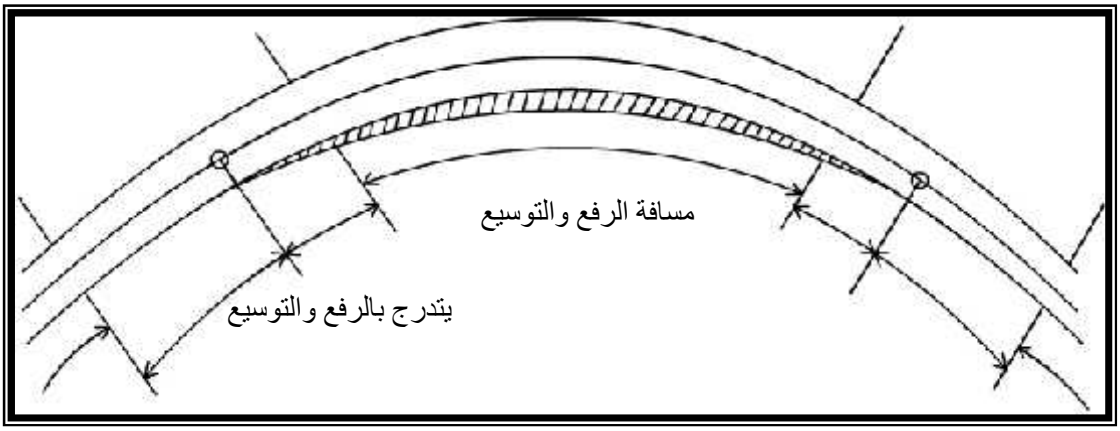
$$W_e = \frac{nI^2}{2R} + \frac{V}{9.5\sqrt{R}} \quad \text{.....5.17}$$

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**[*]

1- المرجع رقم ١٠

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

**المنحنى الثالث ( لوحة رقم ٢ ):**

**المعطيات:**

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى | R = 250 m |
| زاوية الأنحراف | Δ = 18 33 17 |
| طول المنحنى | L = 80.96 m |
| طول المماس | T= 40.84 m |
| محطة نقطة القاطع | Ch of PI =0+664.79 km + m |

**أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e) :**

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*250}$$

e= 0.044 less than e max.($e_{max}$=0.10)

then V = 50 Km/h

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

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

Where I = 6.1 m

$$W = \frac{4*6.1^2}{2*250} + \frac{50}{9.5*\sqrt{250}} = 0.63 \text{ m}$$

**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

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64 * 250} = 16.74 \text{ m}$$

**ثالثا: حساب الإزاحة ( S ):**

$$S = \frac{L^2}{24 * R} = \frac{16.74^2}{24 * 250} = 0.05 \text{ m}$$

**رابعا: طول المماس الكلي $PT_0$**

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

$= ( 250+0.05) \tan((18\ 33\ 17)/2) + (16.74/2)$

$= 49.22$ m

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

Chainage of $T_0$ = Chainage of P – Tangent Length

= 0+664.79 – 49.22

= 0+615.57 Km+ m

Chainage of $T_1$ = Chainage of $T_0$ + L

= 0+615.57 + 16.74

= 0+632.31 m

**سادسا: أطوال الأقواس الجزئية**

$R/40 = 250/ 40 = 6.25$

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 615.57 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

$C_1 = 620-615.57 = 4.43$m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 2 **و بطول** 5 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 16.74-2*5-4.43 = 2.31$ m

So we have

$c_1 = 4.43$ m

$c = 5$ m

$c_2 = 2.31$ m

**سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ**

$$\delta = \left(\frac{1800}{®*R*L}\right)*l^2 = \left(\frac{1800}{®*250*16.74}\right)l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ 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 | 615.57 | 00 00 00 |
| 1 | 4.43 | 4.43 | 620 | 00 01 04 |
| 2 | 5 | 9.43 | 625 | 00 08 18 |
| 3 | 5 | 14.43 | 630 | 00 22 24 |
| $T_1$ | 2.31 | 16.74 | 632.31 | 00 38 22 |

للتحقق من ذلك نحسب الزاوية

$$¤_{T1} = \frac{L}{2*R} \quad \text{radian}$$

$= 16.74/(2*250) = 0.03348$ radian

$= 0.03348 * 180/3.1416 = 01\ 55\ 06$

$Ø_T = 3\ T_1$

$T_1 = Ø_T / 3 = 01\ 55\ 06/3 = 00\ 38\ 22$

**ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:**

أ- الزاوية المركزية للمنحنى $\theta'$

$\theta' = \theta - 2\emptyset = 18\ 33\ 17 - (2^*\ 01\ 55\ 06) = 14\ 43\ 05$

ب- طول المنحنى الدائري $L'$

$$L' = \frac{\text{®} * R * \text{—}}{180} = \frac{\text{®} * 250 * 14\,43\,05}{180}$$

$= 64.22$ m

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$R / 20 = 250/ 20 = 12.5$ m

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 12.5 m، و نختار طول القوس الجزئي الأول بحيث تصبح محطة القطة الاولى (l) رقما مدورا و مناسبا و حيث أن محطة نقطة التماس $T_1$ و التي تبق مباشرة القطة (l) من المنحنى الدائري و تساوي 632.31 m ، اذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$c_1' = 640\text{-}632.31 = 7.69$

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 10 m وعددها 5

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري $c_2'$ فطوله يساوي

$c_2' = 64.22\text{-}5^*10\text{-}7.69 = 6.53$ m

د- زوايا الانحراف الجزئية:

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

For $c_1' = 7.69$

$\delta' = 1718.87 *( 7.69/250) = 52.872$ min $= 00\ 52\ 52$

For $c' = 10$ m

$\delta' = 1718.87 *(10/250)/60 = 01\ 08\ 46$

For $c_2^{'} = 6.53$

$\delta^{'} = 1718.87 *( 6.53/250)/60 = 00\ 44\ 54$

و عليه نرتب الجدول التالي

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | 0.0 | 0.0 | 632.31 | 00 00 00 |
| 1 | 7.69 | 7.69 | 640 | 00 52 52 |
| 2 | 10 | 17.69 | 650 | 02 01 38 |
| 3 | 10 | 27.69 | 660 | 03 10 24 |
| 4 | 10 | 37.69 | 670 | 04 19 10 |
| 5 | 10 | 47.69 | 680 | 05 27 56 |
| 6 | 10 | 57.69 | 690 | 06 36 42 |
| $T_2$ | 6.53 | 64.22 | 696.53 | 07 21 36 |

**تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن**

أ- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 16.74 m

**كما أن الإزاحة** shift **وطول المماس** $PT_3$ هي نفسها أيضا أي

Tangent length $PT_3$ = 49.22 m

s = 0.05m

ب- **محطة نقطة التماس** $T_3$ **وتساوي :**

Chainage of $T_3$ = Chainage of $T_2$ + L

= 696.53+16.74 = 713.27 m

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 :

$c_1^{''} = 700-696.53 = 3.47$ m

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



أما الأقواس الجزئية الوسطى في المتدرج الأيمن فليكن طول كل منها مساويا 5m وعددها 2

أما طول الوتر الجزئي الأخير فيكون

$c_2^{''} = 16.74-2*5-3.47 = 3.27m$

د- زوايا الانحراف الجزئية :

$$\delta = \left(\frac{1800}{\text{®} * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{\text{®} * 250 * 16.74}\right) l^2$$

$\delta = 0.1369/60 * l^2$ Degree

و عليه نرتب الجدول التالي :

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ | 0.0 | 0.0 | 696.53 | 00 00 00 |
| 1 | 3.47 | 3.4 | 700 | 00 01 39 |
| 2 | 5 | 8.47 | 705 | 00 09 49 |
| 3 | 5 | 13.47 | 710 | 00 24 50 |
| $T_3$ | 3.27 | 16.74 | 713.27 | 00 38 22 |

# (٦)
# الفصل السادس
# التخطيط الرأسي

٦-١ مقدمة
٦-٢ اختيار الانحدارات
٦-٣ الطول الحرج
٦-٤شروط الانحناء في المقطع الطولي
٦-٥ إشارة الميل وزاوية التدرج
٦-٦ انتقاء المنحنى الرأسي
٦-٧ عناصر المنحنى الرأسي
٦-٨ تحديد موقع أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى الرأسي
٦-٩ العوامل المشاركة في اختيار طول المنحنى الرأسي
٦-١٠ اعتبارات عامة في التخطيط الرأسي

# الفصل السادس

## التخطيط الرأسي

### ٦-١ 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.

### ٦-٢ 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 الى 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 (٦-١) : 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 |

### ٦-٣ 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:

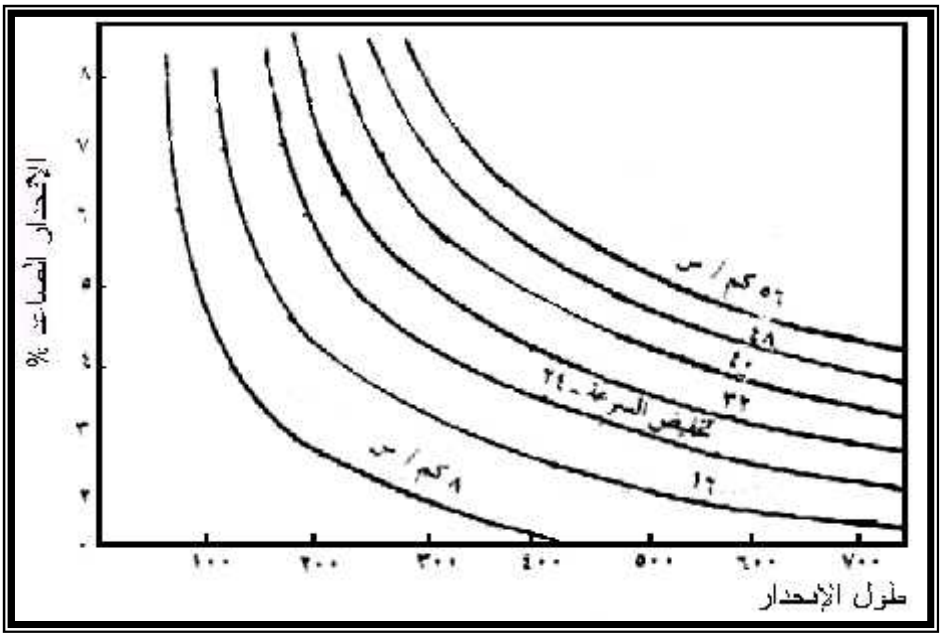
الجدول( ٦-٢) العلاقة بين الطول الحرج والانحدار†

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

* المرجع رقم ٦
† المرجع رقم ٢

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 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.

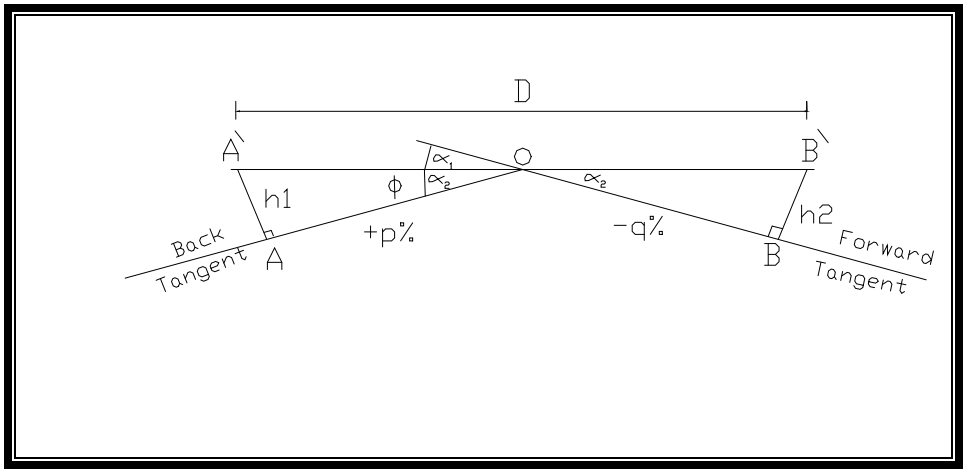



شكل (٦- ١): الطول الحرج*

* المرجع رقم ٧

### ٦-٤شروط الانحناء في القطع الطولي Curvature Conditions:

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




شكل رقم (٦-٢) 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 )

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

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

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

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

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

لإيجاد القيمة العظمى لـ $\sim_1$ نشتق المعادلة السابقة ونساويها بالصفر، وبافتراض أن قيمة

h1 =h2= h ينتج لدينا المعادلة التالية :

$$\ddot{} = \frac{4h}{D} \quad \text{.....6.1}$$

حيث:

h: ارتفاع عين السائق عن **الأرض** .

D: مسافة الرؤية.

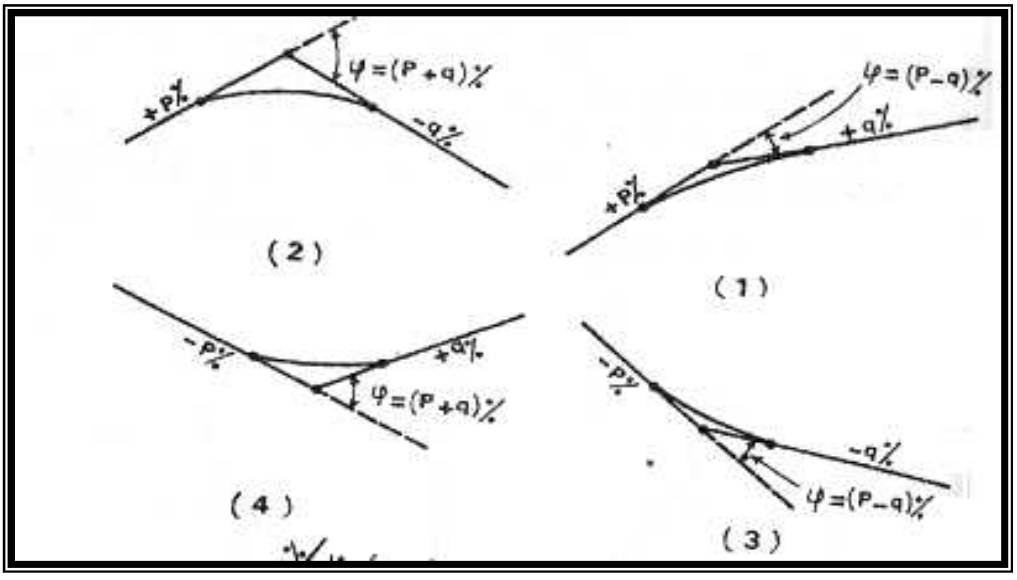
$\ddot{}$ : الزاوية المحصورة بين المماس الأمامي و المماس الخلفي ( راديان).

إن قيمة $\ddot{}$ الناتجة من المعادلة السابقة هي القيمة العظمى لـ $\ddot{}$ التي يمكن ضمنها تحقيق الرؤية **دون اللجوء لمنحنى رأسي.**

### ٦-٥ 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 (٦-٣)** الحالات الأربع لفرق الميل وزاوية التدرج*

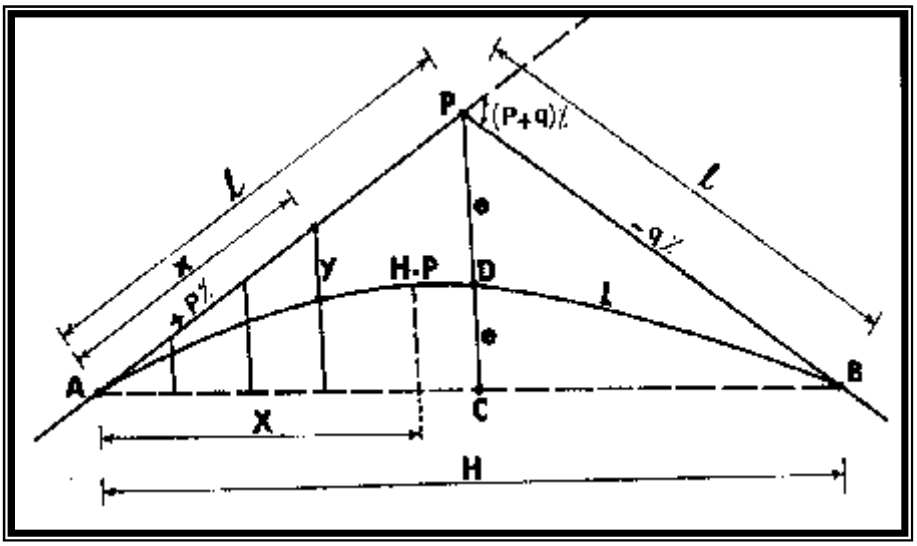
### ٦-٦ انتقاء المنحنى الرأسي Selection Of Vertical Curve:

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.

## ٦-٧ 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 (6-٤) 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) **تمثل نقطة تقاطع الخط الرأسي مع المنحنى**

* المرجع رقم ٦

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:

$$y = ax^2 \text{.....6.2}$$

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

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

$$a = \frac{p+q}{400l} \text{.....6.3}$$

حيث تصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = \frac{p+q}{400\ l} x^2 \text{.....6.4}$$

وكذلك يمكن إيجاد هذه المعدلة بدلالة e حيث أنها تساوي

$$e = \frac{p+q}{400} l \text{.....6.5}$$

فتصبح معدلة القطع المكافئ

$$y = e(\frac{x}{l})^2 \text{.....6.6}$$

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

$$a = \frac{p-q}{400l} \text{.....6.7}$$

حيث تصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = \frac{p-q}{400\ l} x^2 \text{.....6.8}$$

وكذلك يمكن إيجاد هذه المعدلة بدلالة e حيث أنها تساوي

$$e = \frac{p-q}{400} l \text{.....6.9}$$

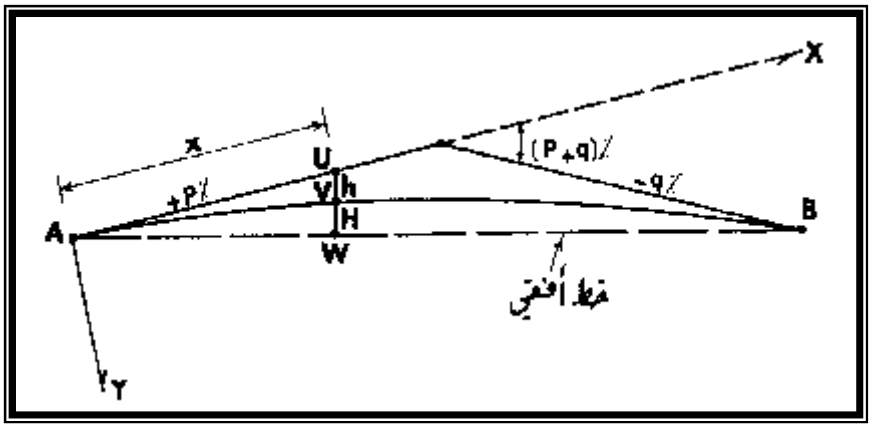
فتصبح معادلة القطع المكافئ

$$y = e(\frac{x}{l})^2 .....6.10$$

**٦-٨ تحديد موقع أعلى أو أخفض نقطة من المنحنى الرأسي:**

**٦-٨-١ 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 ( ٦-٥) 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) والنقطة (V) ، و (H) هو البعد الرأسي بين النقطة (V) وبين النقطة (W) .

* المرجع رقم ٧ .

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

$$X = \frac{pL}{p+q} \quad \text{.....6.11}$$

حيث:

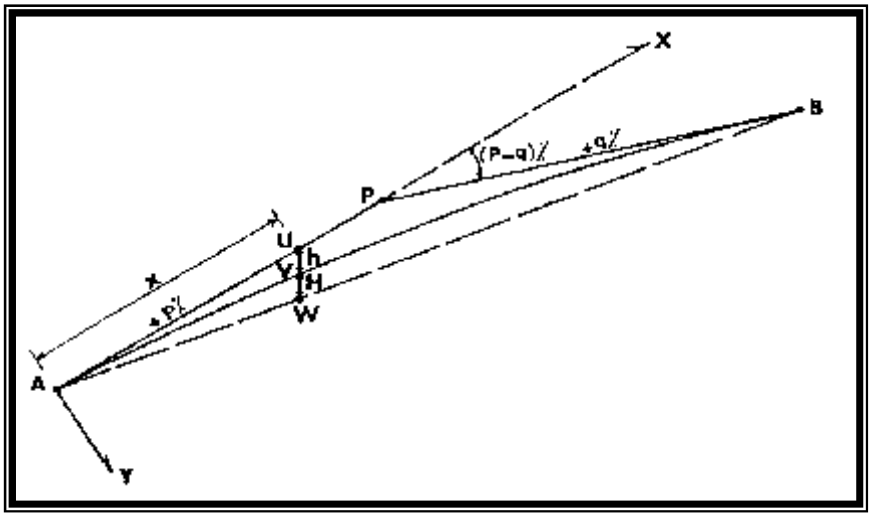
$p$ : ميل المماس الأول الخلفي الموجب.

$q$ : ميل المماس الثاني الأمامي السالب.

$L$ : طول المنحنى الرأسي

**٦-٨-٢ 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 (٦-٦)** 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

$$X = \frac{pL}{p-q} \quad \text{.....6.12}$$

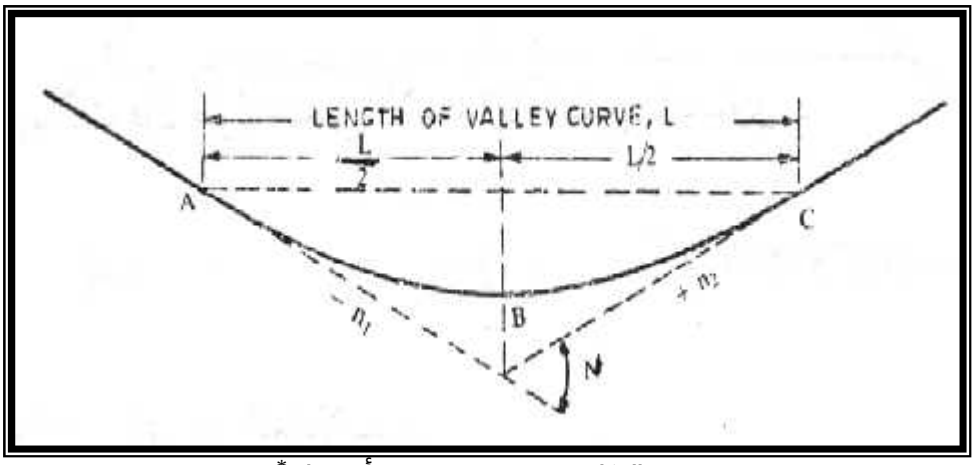
* المرجع رقم ٧

## ٦-٩ 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 ٠.٦ م/ث$^2$، وطول المنحنى عبارة عن منحنيين انتقال متساويين في الطول وبدون منحنى أفقي بينهما، ومن الشكل (٥-٥ ) فان طول منحنى الاستدارة السفلي ABC والذي يساوي L حيث AB ، BC يمثل طول كل منهما منحنى انتقال .




الشكل رقم (٦-٧) منحنى رأسي قاع*

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

$$L = 2\left[\frac{N.V^3}{C}\right]^{\frac{1}{2}} \quad \text{.....6.14}$$

حيث:

* المرجع رقم ٣

**V :** السرعة التصميميةم /ث .

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

**N :** زاوية انحراف المماسين .

$$I_{\max} = \left[\frac{200 \times N \times V^2}{g \times L}\right]\% \quad \text{.....6.15}$$

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

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:

$$L = \frac{N * S^2}{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2} \quad \text{.....6.16}$$

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:

$$L = \frac{N * S^2}{4} \text{.....6.17}$$

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

$$L = 2 * S - \frac{(\sqrt{2H} + \sqrt{2h})^2}{N} \text{.....6.18}$$

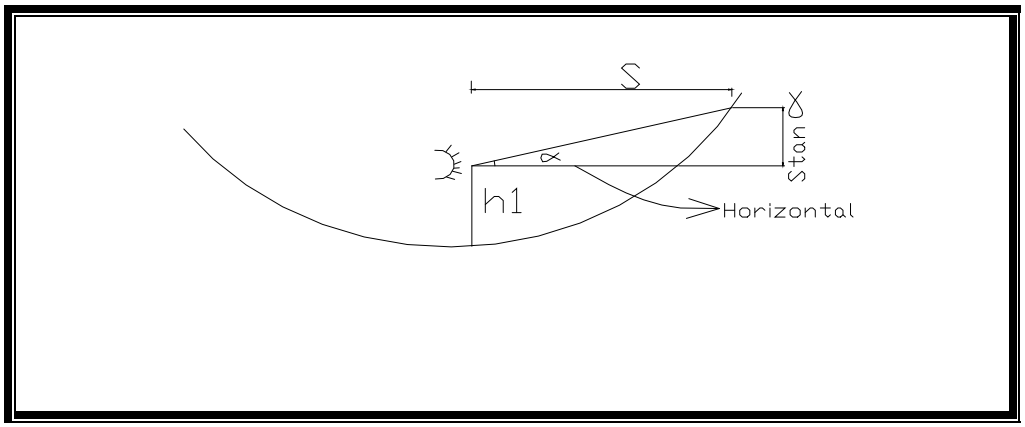
وبتعويض قيم H و h تصبح المعادلة :

$$L = 2 * S - \frac{4}{N} \text{.....6.19}$$

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 (٦-٨ ) يوضح شروط مسافة الرؤية لمنحنى راسي قاع.




**شكل رقم**( ٦-٨ ) شروط الرؤية لمنحنى راسي قاع

1) L > S.S.D.

فيكون طول المنحنى حسب العلاقة التالية :

$$L = \frac{N * S^2}{(2h_1 + 2S\tan\sim)} \quad \text{.....6.20}$$

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 :

$$L = \frac{N * S^2}{(1.5 + 0.035S)} \quad \text{.....6.21}$$

2) L < S .S .D .

$$L = 2 * S - \frac{(1.5 + 0.035S)}{N} \quad \text{.....6.22}$$

## ٦-١٠ 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**.

**٦- ١١ 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 :

**المنحنى الأول ( لوحة رقم (٢):**

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

- إيجاد اقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية:

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

V= ٥٠ km/h
p = 0.62 %

q = -5.02 %

T = 3 sec

F = 0.37

N = p – q

= 0.0062 –(-0.05) = 0.06

$S.D = (0.28)(50)(3) + (50)^2/ [254 ( 0.37 +0.06)]$

= 64.9 m

- إيجاد طول المنحنى حسب اقل مسافة للتوقف :

- Let L >S.D

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

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**

$L = (0.06)*(64.9)^2 / [(2*1.20)^{0.5} + (2* 0.1)^{0.5}]^2$

= 63.1 m < S.D

لأن طول المنحنى أقل من مسافة الرؤية إذا نستخدم L<S.S.D .

- L<S.S.D

L= 2*64.9- (4) / (0.06) = 63 m < 64.9 m ok .

**بما أن الطول** 63 m **أقل من مسافة التوقف**، إذن هذا الطول يعتبر مناسبا لتحقيق مسافة الرؤية للتوقف وقد تم التصميم في هذا المنحنى على أساس أن طول المنحنى 63m.

Length of curve = ٦٣.٠٠ m

Reduce Level of A = ٩٩١.٤٠ m

Chainage of A = 0+ ١٠٣.٤٣ m

* L = 2l = 63.00

l= 63/2 = 31.5 m

* RL of A = 991.41

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

= 991.41 + $\left(\frac{31.5*0.62}{100}\right)$

= 991.61 m

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

= 991.61 - $\left(\frac{31.5*5.02}{100}\right)$

= 990.03 m

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

= (( 991.41+990.03)/2)

= 990.72 m

* CP = RL of P- RL of C

= 991.61 -990.72

= 0.89 m

* e= CP/2 = 0.89/2

e= 0.45 m OR

$$e= \left(\frac{P+q}{400}\right)*l = \left(\frac{0.62+5.02}{400}\right)*31.5 = 0.44 \text{ m}$$

لفرض أن طول الوتر الجزئي x=6.3 m

x= 6.3 , 12.6 , 18.9 , 25.2 , 31.5 .

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

$y= 0.00045\ x^2$

1- At Ch = 0+ 103.43

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 991.41 m

RL on Curve = 991.41 m

2- At Ch = ( 0+103.43+6.3) = 0+ 109.73

x unit = 1

y offset = $0.00045\ x^2 = 0.00045 * 6.3^2 = 0.0179$ m

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

= 991.41 + (0.62 %)*(6.3)

= 991.45 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 991.45 -0.0179

= 991.43 m

و نعمل نفس الطريقة لكل الأوتار المتبقية على (Tangent p)

و الآن نوضح بعض الحسابات على (Tangent q)

At Ch = 0+166.43

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 990.03m

RL on Curve = 990.03 m

At Ch = 0+166.43-6.3 = 0+160.13

x unit = 1 ,

y offset = $0.00045\ x^2 = 0.00045 * 6.3^2 = 0.0179$ m

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

= 990.03 + (5.02 %)*(6.3)

= 990.35 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 990.35 -0.0179

= 990.33 m

و نكمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا المماس، و الجدول التالي يبين الحسابات التي تمت و على المماسين(p and q):

جدول رقم(٦-١) مختصر حسابات المنحنى الأول ( منحنى قمة) لوحة رقم (٢)

| Chainage (m) | x unit | y offset (m) | RL on Tangent (m) | RL on Curve (m) |
|---|---|---|---|---|
| 0+103.43 | 0 | 0.000 | 991.41 | ٩٩١.٤١ |
| 0+109.73 | 1 | ٠.٠١٧٩ | 991.45 | 991.43 |
| 0+116.03 | 2 | ٠.٠٧١٤ | ٩٩١.٤٩ | ٩٩١.٤٢ |
| 0+122.33 | 3 | ٠.١٦١٠ | ٩٩١.٥٢ | ٩٩١.٣٦٦ |
| 0+128.63 | 4 | ٠.٢٨٦ | 991.57 | 991.30 |
| 0+166.43 | 0 | 0 | 990.03 | 990.03 |
| 0+160.13 | 1 | 0.0178 | 990.35 | ٩٩٠.٣٣ |
| 0+153.83 | ٢ | 0.0714 | ٩٩٠.٦٦ | ٩٩٠.٦٠ |
| 0+147.53 | 3 | 0.161 | 990.98 | 990.82 |
| 0+141.23 | 4 | 0.286 | 991.30 | 991.01 |
| 0+134.93 | 5 | 0.447 | 991.61 | 991.16 |

**إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى**

$$x = \left(\frac{p*L}{p+q}\right) = \left(\frac{0.62*63}{0.62+5.02}\right) = 7 \text{ m}$$

إذن، موقع أعلى نقطة من المنحنى الرأسي يبعد 7m عن نقطة التماس الأولى A و تبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار

x= 63-7= 56 m.

**منسوب أعلى نقطة على المماس**

Reduce Level of high point on the Tangent:

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

= ٩٩١.٤١ + ( ٥.٠٢ %)*(56)

= 994.22 m

**لحساب منسوب أعلى** نقطة على المنحنى، يجب أن نجد في البداية قيمة y offset لها

$$y = e\left(\frac{x}{l}\right)^2 = 0.45 * \left(\frac{56}{31.5}\right)^2 = 1.42 \text{ m}$$

Reduce Level of High point on the Curve

= RL on Tangent – y

= 994.22 – 1.42 = 992.8 m

# (٧)
# الفصل السابع
# حساب المساحات والحجوم

٧-١ حساب مساحات المقاطع العرضية المختلفة.

٧-٢ حساب الحجوم والكميات.

٧-٣ طريقة العمل.

٧-٤ التمثيل الخطي لكميات الحفر والردم (منحنى الحجوم).

٧-٥ خواص منحنى الحجوم.

٧-٦ مسافة النقل المجاني ومسافة النقل الاقتصادي الأعظمية.

# الفصل السابع
# حساب المساحات و الحجوم

## ٧-١ حساب مساحات المقاطع العرضية المختلفة.

المقطع العرضي هو عبارة عن الجزء المحصور بين سطح الطريق المخصص لسطح السيارات وخطي الميلين الجانبيين وخط سطح الأرض الطبيعية، وعادة تؤخذ المقاطع العرضية متعامدة مع محور الطريق.

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

يمكن حساب مساحات المقاطع العرضية وفق ثلاثة طرق رئيسة:

- الطريقة الحسابية أو التحليلية.
- الطريقة التخطيطية.
- الطريقة الميكانيكية.

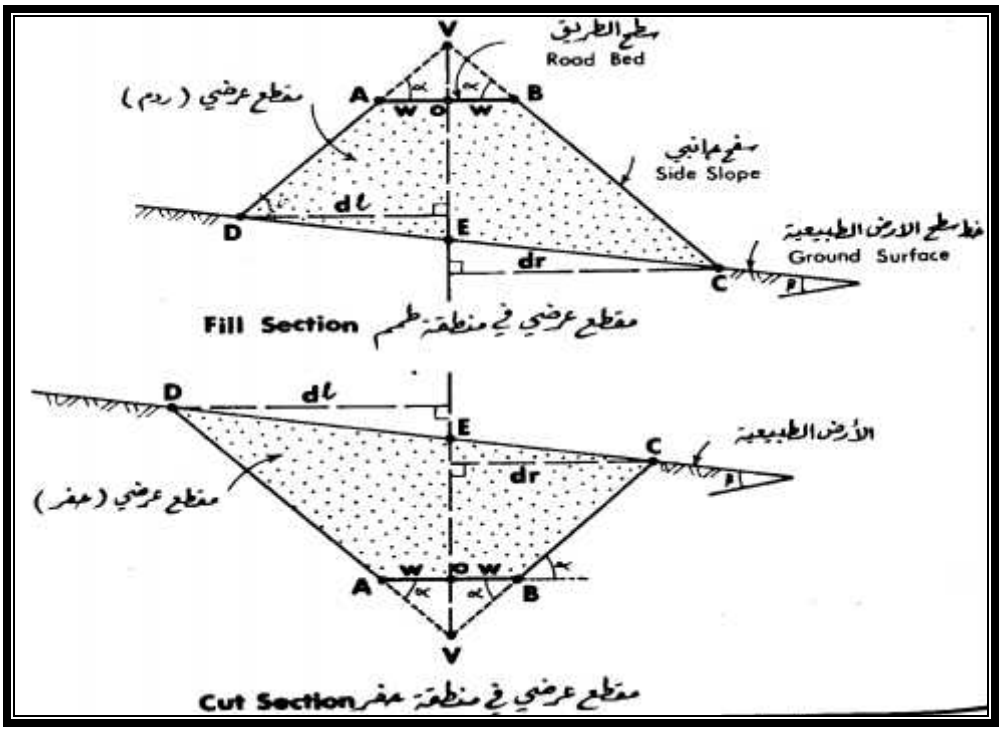
### 1-1-7 الطريقة الحسابية في حساب مساحات المقاطع العرضية:

وهنا لدينا حالتان:

- الحالة التي يكون فيها ميل الأرض منتظما:

حسب الشكل في الأسفل المبين لمقطع عرضي لأرض منتظمة الميل فانه يمكن حساب مساحة المقطع العرضي في هذه الحالة كما يلي:

$$Area = \left(v + w \times \tan\sim\right)\left(\frac{d_l + d_r}{2}\right) - w^2 \times \tan\sim \quad \text{.....7.1}$$




**شكل** (7-1) سطح الأرض الطبيعية منتظم الميل*.

حيث:

$\sim$ = زاوية ميل جوانب الطريق

$d_l$ = ارتفاع المثلث VDE

$d_r$ = ارتفاع المثلث VCE

$w$ = نصف عرض الطريق

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

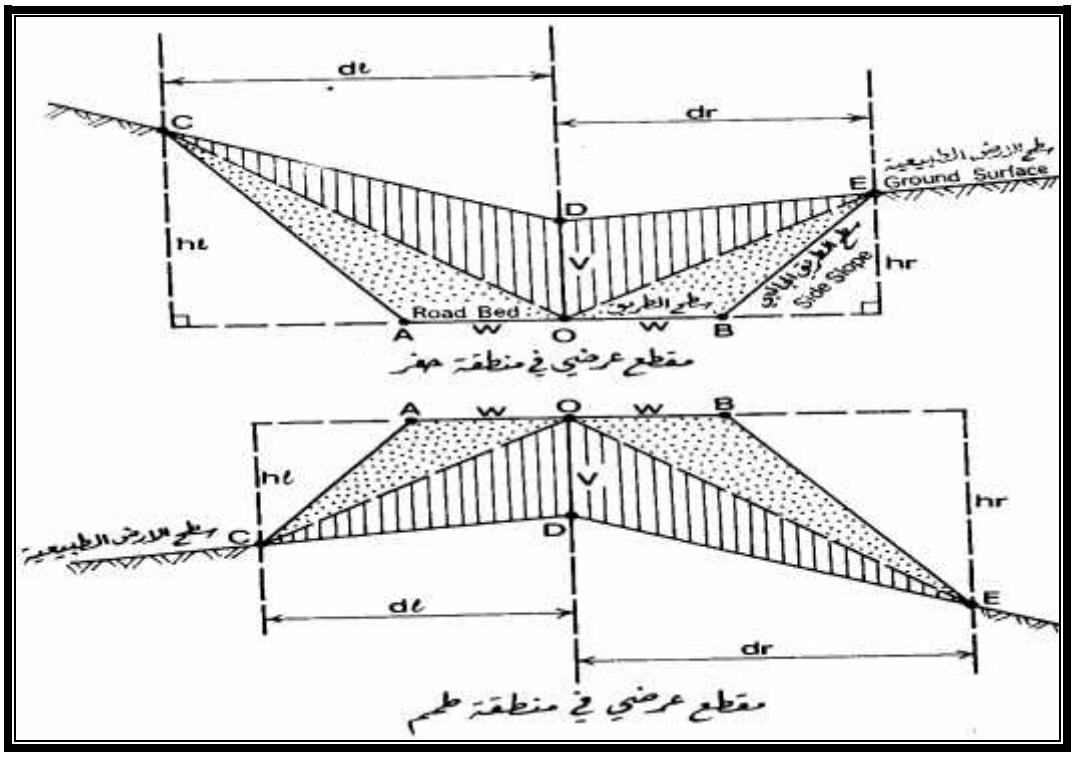
* المرجع رقم ٦

❖ الحالة التي يكون فيها ميل الأرض الطبيعية غير منتظم:

وهنا إما أن يكون المقطع العرضي مكون من ثلاث نقاط أو مكون من خمسة نقاط كما يلي:

١. مقطع عرضي مكون من ثلاث نقط كما في الشكل (2-7 ) وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية:

$$Area = \frac{w}{2}(h_l + h_r) + \frac{v}{2}(d_l + d_r) \quad \text{.....7.2}$$

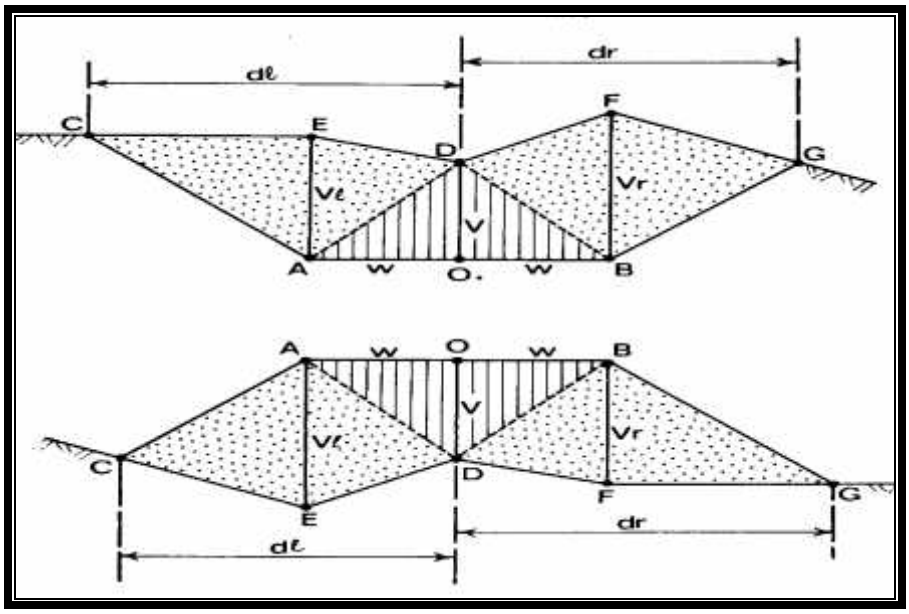



شكل (2-7): مقطع عرضي من ثلاث نقط[*].

٢. مقطع عرضي مكون من خمس نقط كما في الشكل( ٧--٣ ) وتحسب مساحته بتطبيق العلاقة التالية

$$Area = \frac{2w.v + v_l.d_l + v_r.d_r}{2} \quad \text{.....7.3}$$

[*] المرجع رقم ٦




شكل (٧-٣): مقطع عرضي من خمس نقاط*.

حيث:

$w$ = نصف عرض الطريق

$v$ = عمق الحفر أو الردم عند منتصف الطريق

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

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

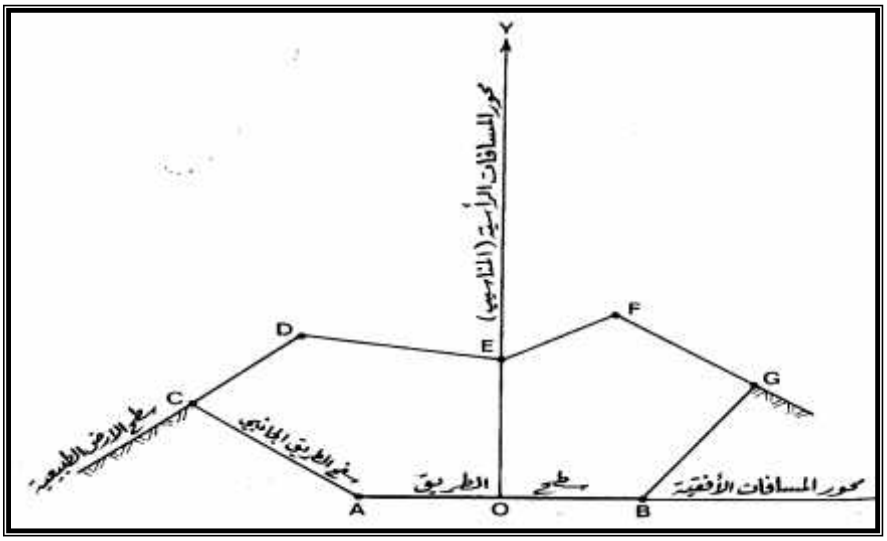
**7-1-2 طريقة الإحداثيات في حساب مساحات المقاطع العرضية:**

وهذه هي الطريقة التي سنقوم باستخدامها في المشروع، حيث أن هذه الطريقة الأكثر تمشيا مع الأجهزة الالكترونية الحديثة في هذه الأيام، وهذه الطريقة تقوم على اعتبار مساحات المقاطع العرضية مضلعات مغلقة.

والآن سنقوم بشرح هذه الطريقة بالتفصيل،فعلى سبيل المثال لحساب مساحة المقطع العرضي المبين في الشكل (7-4):

---

- المرجع رقم ٦




**شكل** (7-4): حساب المساحة بطريقة الإحداثيات*

يتم اختيار نظام إحداثيات معين مركزه النقطة O حيث محور السينات يمثل المسافات الأفقية و محور الصادات يمثل مناسيب النقاط ( 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 .

يتم ترتيب 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** (7-١): **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 يتم ضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متصل، وتجمع النواتج وليكن مجموع هذه المضاريب مساويا $\sum 1$ .

* المرجع رقم ٦

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

لحساب المساحة نطبق العلاقة التالية:

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

**ملاحظات :**

- إذا كان المقطع مختلطا (حفر ورهم Sidehill Section) هنا يجب حساب مساحة كل من الحفر والرهم لوحده، وذلك لأنهما يدخلان في جداول الكميات كبندين منفصلين.

- يجب عند تعيين المسافات الأفقية أو الإحداثيات السينية لزوايا المقطع العرضي اخذ الإشارة الجبرية بعين الاعتبار.

- بالنسبة للمناسيب يتم اخذ المناسيب الخاصة بكل مقطع عرضي مباشرة وذلك باستخدام برنامج (Softdesk) بعد تزويد هذا البرنامج بالمعلومات التي أخذت في الحقل بواسطة جهاز الدستومات وبالتالي عمق الحفر أو الرهم.

وهنا يجب معرفة منسوب التصميم (المنسوب المراد الوصول إليه) لنقطة وسط الطريق عند كل مقطع عرضي وبالطبع يلزم معرفة عرض الطريق عند كل مقطع والميول الجانبية للطريق عند كل مقطع.

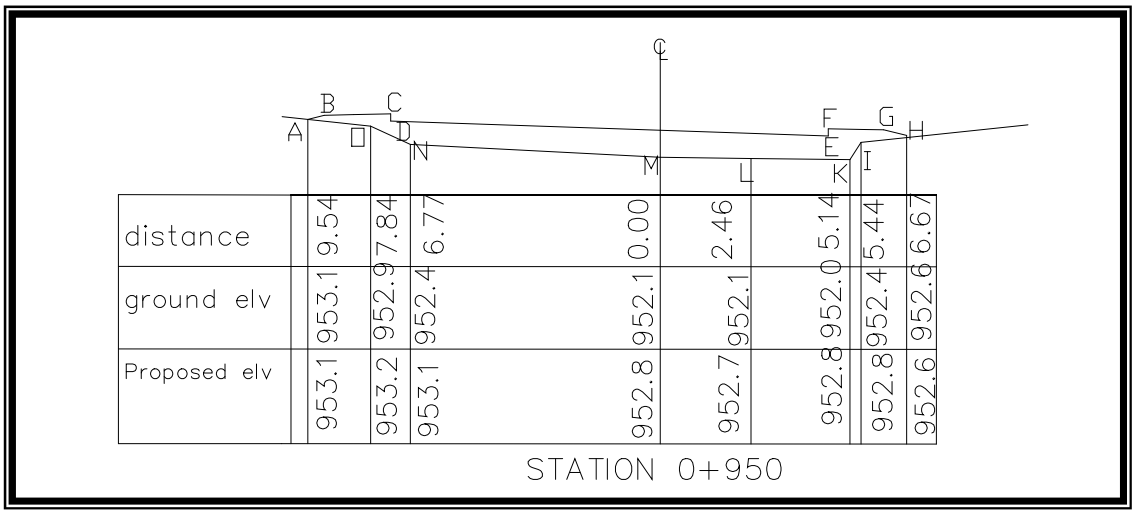
- ليس من الضروري أن تكون نقطة منتصف الطريق هي نقطة الأصل أو مركز الإحداثيات بل يمكن أن تكون محاور الإحداثيات المفروضة أو القطرية أو المحلية.

- الاحداثي السيني يكون موجبا لكل نقطة واقعة على يمين محور الصادات وسالبا لكل نقطة واقعة على يسار محور الصادات.

وفيما يلي مثال لمقطع عرضي من المشروع يقع في منطقة ردم كامل، وهذا ينطبق أيضا على مساحات الحفر الكامل، أما فيما يتعلق بالمقطع المختلط (حفر+ردم) فأنه يعامل كمقطعين منفصلين أحدها حفر والأخر ردم :

- **مقطع الردم الكامل ( لوحة رقم ٧)**:

والشكل(٧-٥) التالي يوضح هذا المقطع




**الشكل (7-5) مقطع عرضي في منطقة ردم**

هذا المقطع يقع في منطقة ردم كامل، و بمعلومية المسافات الأفقية و المناسيب المتعلقة بالنقاط المكونة لمساحة المقطع ، و بمعرفة عرض الطريق AH الخاص بهذا المقطع يمكن تعيين إحداثيات جميع نقاط المقطع العرضي .

,وعليه يتم ترتيب الإحداثيات الخاصة بالنقاط على شكل كسور بحيث يكون البسط يمثل الاحداثي الصادي و المقام يمثل الاحداثي السيني و نرتبها في جدول على الشكل التالي:

| Point No | A | B | C | D | E | F | G | H | I | K | L | M | N | O | A |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Y | 2.10 | 2.21 | 2.25 | 2.05 | 1.64 | 1.84 | 1.81 | 1.66 | 1.46 | 0.98 | 1.01 | 1.05 | 1.41 | 1.91 | 2.10 |
| X | -9.54 | -9.10 | -7.30 | -7.30 | 4.55 | 4.55 | 6.05 | 6.67 | 5.44 | 5.14 | 2.46 | 0.00 | -6.67 | -7.84 | -9.54 |

ألان نضرب كل قيمتين تقعان على طرفي كل خط متصل ونجد مجموع المضاريب وليكن مساويا ل(1 ∑ ) :

$\sum 1$=[ (2.10*-9.10)+(2.21*-7.3)+(2.25*-7.30)+(2.05*4.55)+(1.64*4.55)+
(1.84*6.05)+(1.81*6.67)+(1.66*5.44)+(1.46*5.14)+(0.98*2.46)+(1.01*0.0)+
(1.05*-6.67)+(1.41*-7.84)+(1.91*-9.54)]

= -29.10 m²

وكذلك نضرب كل قيمتين واقعتين على طرفي كل خط قطري متقطع فنجد المجاميع وليكن رمزه(∑2)

$\sum 1$=[ (2.21*-9.54)+(2.25*-9.10)+(2.05*-7.30)+(1.64*-7.30)+(1.84*4.55)+
(1.81*4.55)+(1.66*6.05)+(11.46*6.67)+(0.98*5.44)+(1.01*5.14)+(1.05*2.46)
+(1.41*0.0)+(1.91*-6.67)+(2.10*-7.84)]

= -48.40m²

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

Area = 9.6٧ m²

**2-7 حساب الحجوم والكميات:**

في مشاريع الطرق وبعد الوصول إلى المسارين النهائيين (الأفقي والرأسي) لا بد وأن ينتج لدينا كميات حفر وردم للوصول إلى منسوب معين(وهو هنا منسوب سطح الطريق المخصص للمركبات)، وذلك لدارسة التكلفة وتسهيل طرح العطاءات.

بعد الحصول على المعلومات اللازمة من الحقل لكافة المقاطع العرضية حتى نتمكن من حساب مساحاتها نستطيع حساب كميات و أحجام الردم والحفر اللازمة بعدة طرق ولكنها طبعا على درجات مختلفة من الدقة وسنستعرض فيما يلي الطريقة التي سيتم استخدامها في حساب الحجوم والكميات وهي طريقة المقطع الوسطي.

**1-2-7 حساب كميات الحفر والردم بطريقة المقطع الوسطي**

هذه الطريقة تتطلب أن يكون ميل سطح الأرض منتظما بين كل مقطعين متتاليين، ولذلك قمنا بأخذ مقاطع عرضية عند كل تغير رأسي في سطح الأرض المكونة للطريق، مع الأخذ بعين الاعتبار التغيرات الأفقية في الطريق.

في هذه الطريقة يتم اخذ معدل مساحتي هذين المقطعين وتضرب في المسافة بين كل مقطعين

**1-1-2-7 الحالات التي ممكن أن يتواجد فيها المقطعين العرضيين المتتاليين:**

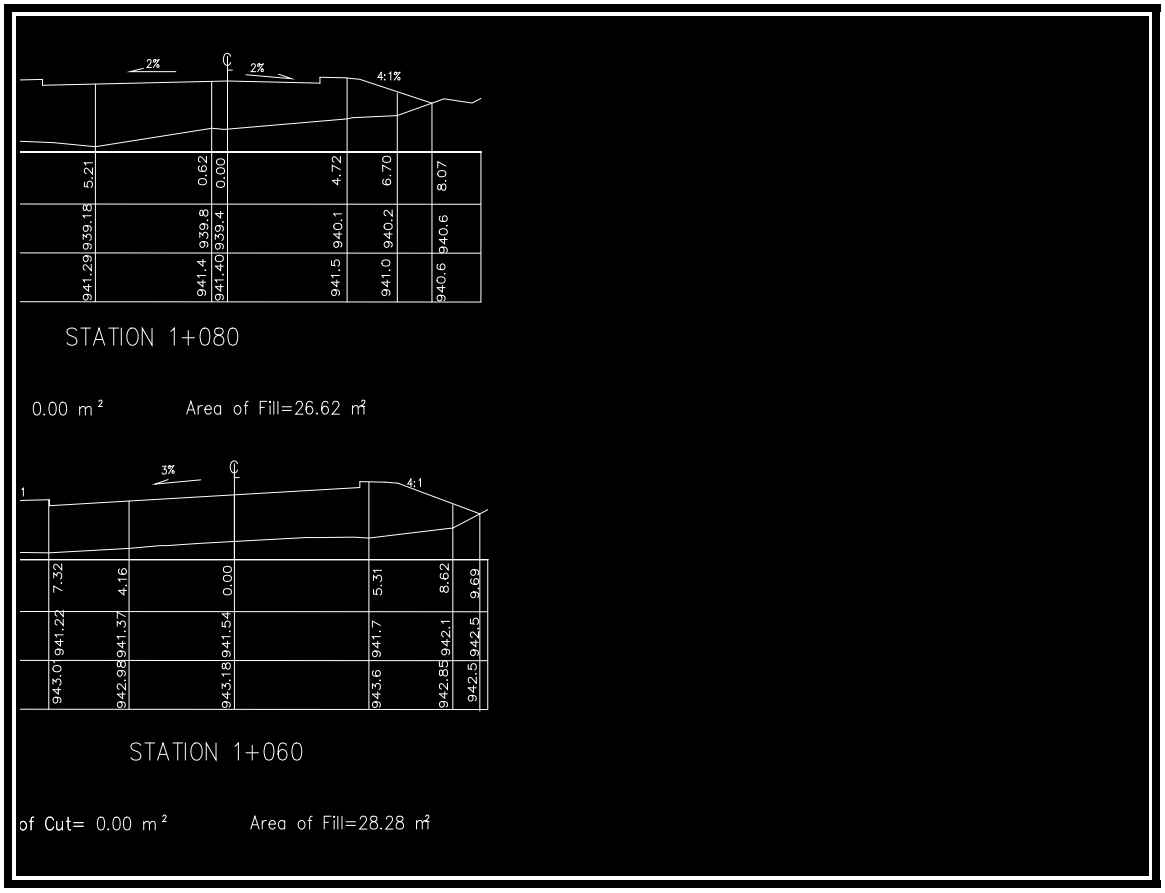
**١. المقطعين العرضيين المتتاليين في منطقة حفر كالي :**

أن ما ينطبق على المقطعين اللذين يقعان في منطقة حفر كامل ينطبق على تلك المقاطع التي تكون في منطقة ردم كامل لهذا سنكتفي بذكر مثال عن المقاطع التي تقع في منطقة حفر كامل.

في هذه الحالة تحسب الحجوم على القانون التالي:

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)$$

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محطاتهما على التوالي (Station 1+060) & (Station 1+080) والشكل(٧- ٦) يوضح المقطعان:




**الشكل (7-6) المقطع الأول حفر والثاني حفر**

في هذا الشكل، الخط المتصل يوضح منسوب سطح الطريق أما المتقطع فيمثل سطح الأرض الطبيعية. **طبعا** بعد حساب المساحة حسب إحدى الطرق السابقة التي تم شرحها نبدأ ألان بحساب كميات الردم المطلوبة لهذين المقطعين كالتالي:

المسافة بين المقطعين = 20 **مترا**

**مساحة الحفر في المقطع الأول** (Station 1+080) = 0

**مساحة الردم في المقطع الأول** (Station 0+060) =(A1) 28.28 m²

**مساحة الحفر في المقطع الثاني** (Station 1+080) = 0

**مساحة الحفر في المقطع الثاني** (Station 1+080) = (A2) 26.62m²

$$V = D\left(\frac{A_1 + A_2}{2}\right)$$

$$V = 20\left(\frac{26.62 + 28.28}{2}\right)$$

$V=549.0m^3$

**٢. المقطع الأول حفر والأخر ردم (أو العكس):**

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الردم حسب القانون التالي:

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

أما الحفر فعلى القانون التالي:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}\left[\frac{C^2}{F+C}\right]\times(D)$$

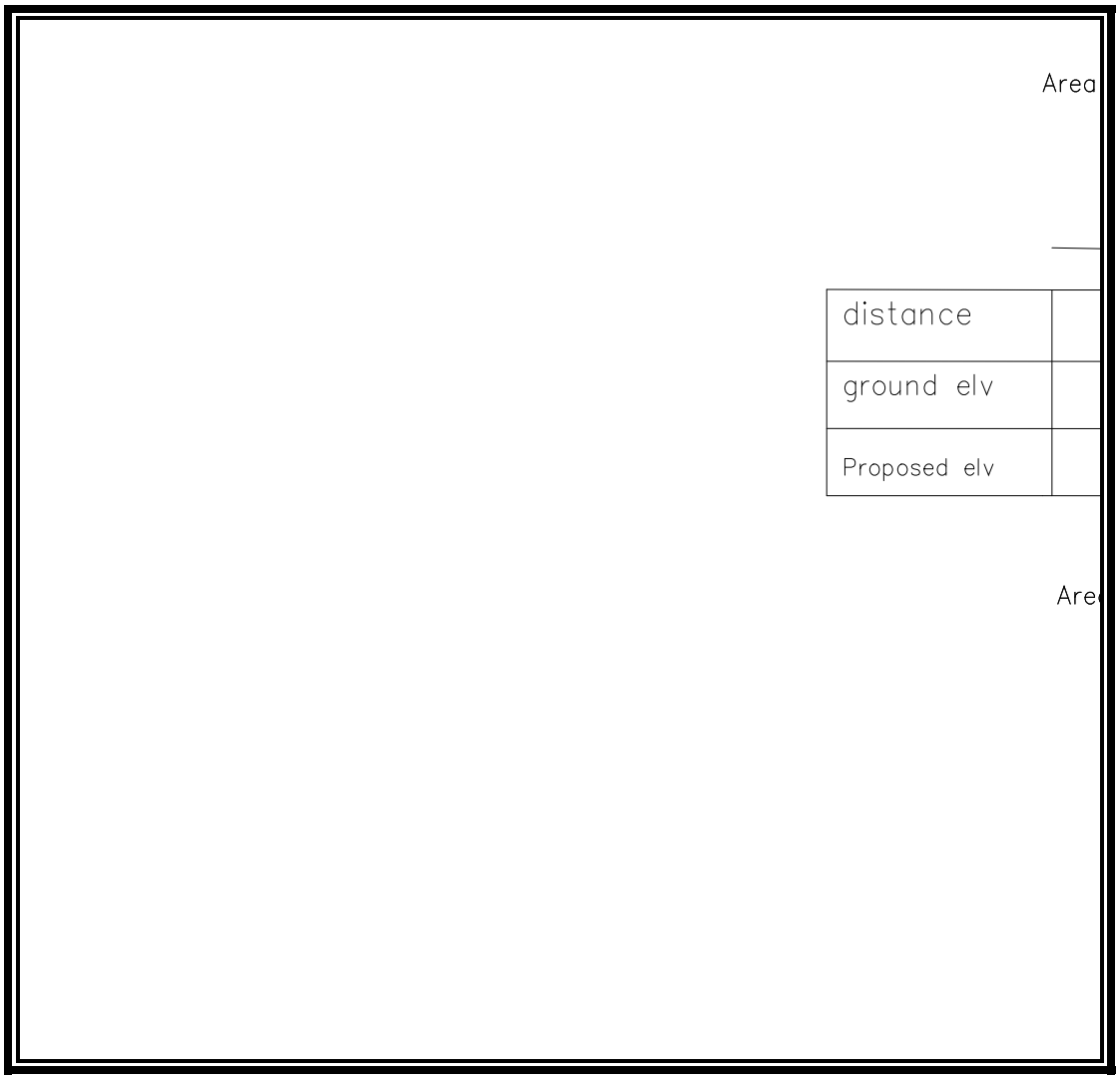
( F ) ترمز إلى مساحة مقطع الحفر.

( C ) ترمز إلى مساحة مقطع الردم.

(D ) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

( V) ترمز إلى الحجم حفرا كان أو ردما.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محطاتهما على التوالي (Station 0+140) & (Station 0+160) والشكل(٧-٧) التالي يوضح المقطعان.




**الشكل (7-7) مقطع عرضي المقطع الأول حفر والأخر ردم**

مساحة مقطع الحفر ( F ) = 13.27 $m^2$

مساحة مقطع الردم( C ) = 3.17 $m^2$

المسافة بين المقطعين( D ) = 20 m

حجم الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}\left[\frac{3.17^2}{3.17+13.27}\right]\times(20)$$

$$V_{fill} = 6.11m^3$$

أما حجم الحفر:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}\left[\frac{13.27^2}{13.27+3.17}\right]\times(20)$$

$$V_{cutl} = 107.11m^3$$

### ٣. المقطع الأول حفر والأخر مختلط (أو العكس):

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الردم حسب القانون التالي:

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

أما الحفر فعلى القانون التالي:

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

حيث:

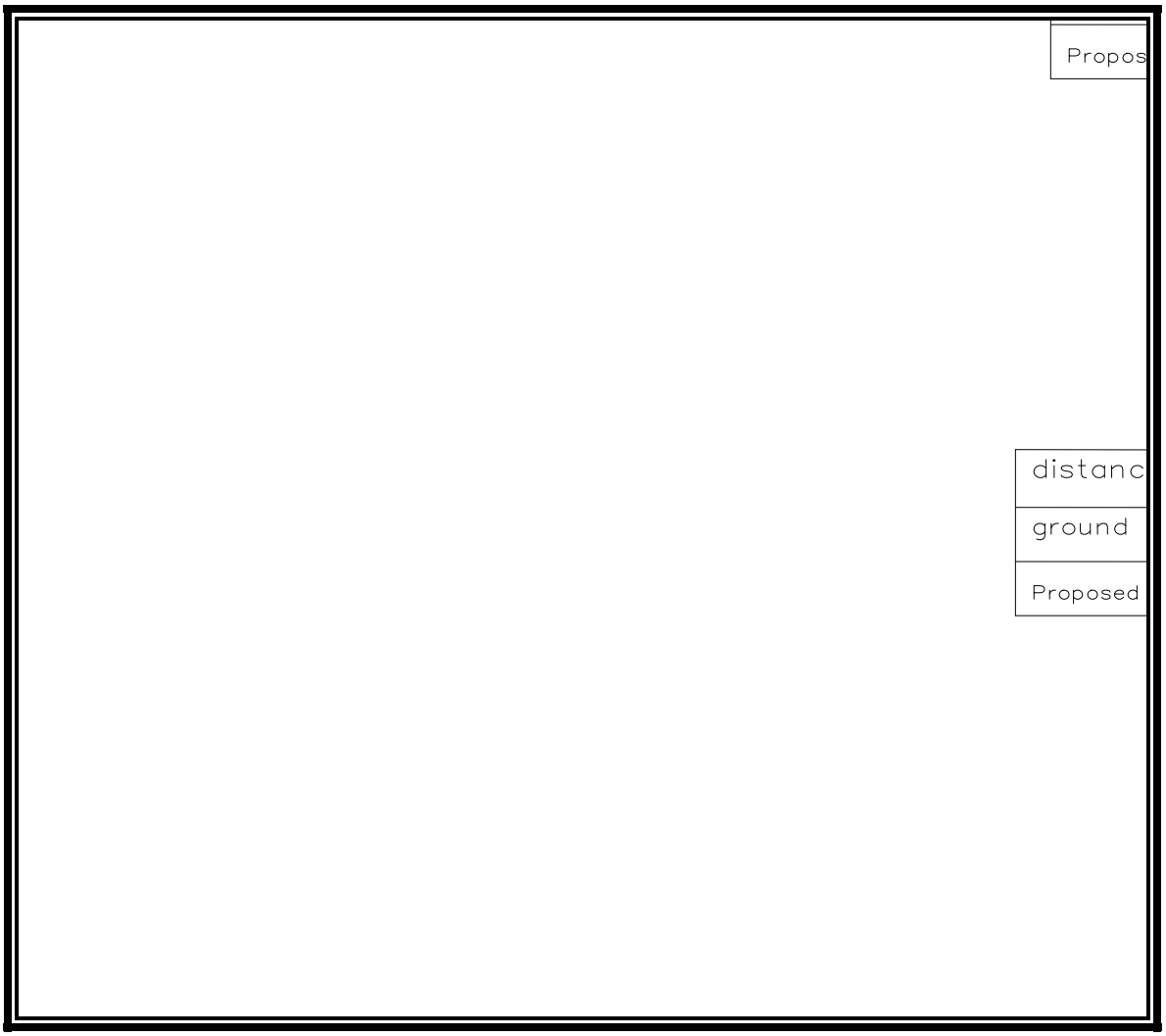
($F_{i+1}$) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.

($C_{i+1}$) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.

($C_i$) ترمز إلى مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي.

(D) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

وقد اخترنا المقطعين اللذين أرقام محطاتهما على التوالي (Station 1+340) & (Station 1+360) والشكل(٧-٨) التالي يوضح المقطعان:




**شكل (7-8) مقطعين عرضيين الأول حفر كامل والثاني مختلط**

مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 1+360) = $(F_{i+1})$ $4.44m^2$

مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 1+360) = $(C_{i+1})$ $26.70\ m^2$

مساحة الحفر في مقطع الحفر الكلي (Station 1+340) = $(C_i)$ $33.27m^2$

المسافة بين المقطعين (D) = 20 m

حجم الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{3}(4.44)\times(20)$$

$$V_{fill} = 29.60m^3$$

أما الحفر:

$$V_{cutl} = \frac{1}{2}(33.27 + 26.70)\times(20)$$

$$V_{cutl} = 599.70m^3$$

**٤. المقطع الأول ردم والأخر مختلط (أو العكس):**

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الحفر حسب القانون التالي:

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

أما الردم فعلى القانون التالي:

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

حيث:

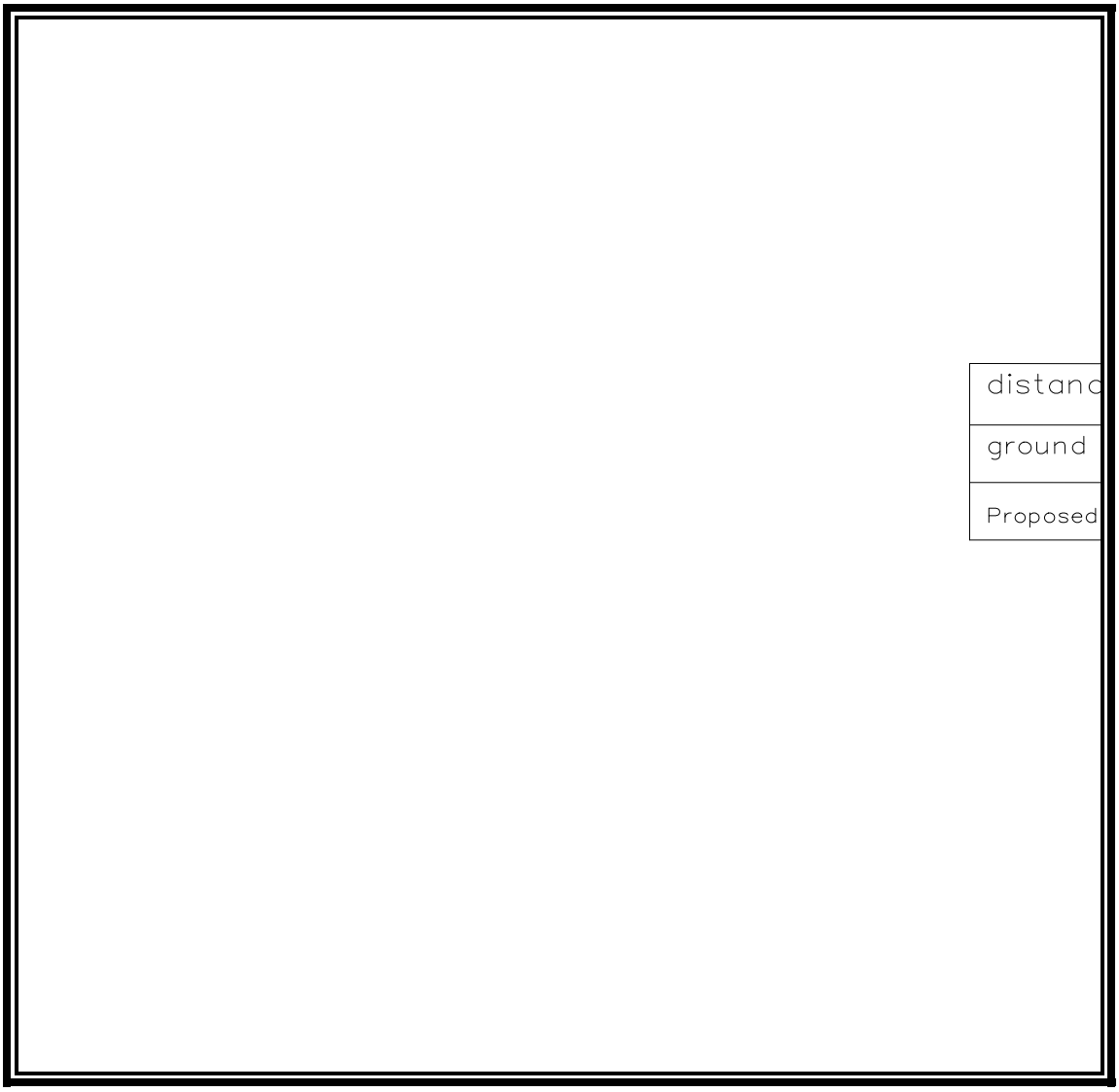
($F_i$) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط.

($C_i$) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط.

($F_{i+1}$) ترمز إلى مساحة الردم في مقطع الردم الكامل.

($D$) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

وقد اخترنا المقطعين اللذين أرقام محطاتهما على التوالي (Station 0+620) & (Station 0+632) والشكل (7-9) التالي يوضح المقطعان:




**الشكل (7-9) مقطع عرضي الأول ردم والآخر مختلط**

حيث:

مساحة الردم في المقطع المختلط (Station 0+632) = ($F_i$) 3.04 $m^2$

مساحة الحفر في المقطع المختلط (Station 0+632 ) = ($C_i$) 9.71$m^2$

مساحة الردم في مقطع الردم الكامل(Station 0+620) = ($F_{i+1}$) 7.60 $m^2$

($D$) ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 20 m

الحفر:

$$V_{cut} = \frac{1}{3}(9.71)\times(12)$$

$$V_{cut} = 38.84m^3$$

أما الردم:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(7.60 + 3.04)\times(12)$$

$$V_{fill} = 63.84m^3$$

**5. المقطعان مختلطان:**

فيتم حساب مساحة الحفر والردم على النحو التالي:

الحفر حسب القانون التالي:

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

أما الردم فعلى القانون التالي:

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

حيث:

($F_i$) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الأول.

($C_i$) ترمز إلى مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول.

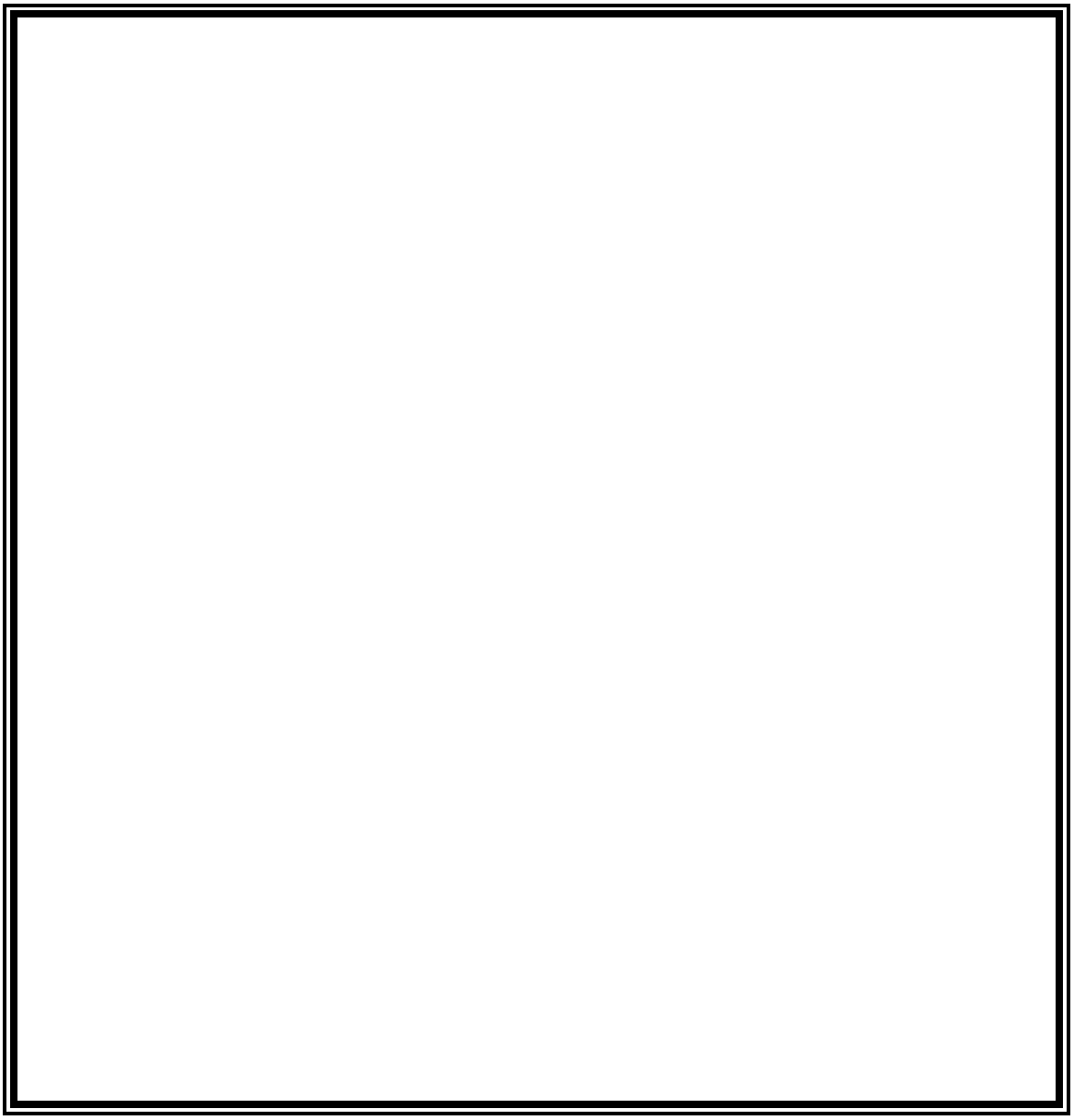
($F_{i+1}$) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.

($C_{i+1}$) ترمز إلى مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني.

($D$) ترمز إلى المسافة بين المقطعين.

وقد اخترنا المقطعان التي أرقام محطاتهما على التوالي (Station 1+320) & (Station 1+300)

والشكل(7-10) التالي يوضح المقطعان:



**شكل (7-10) مقطع عرضي يبين مقطعين عرضيين مختلطين**

حيث:

مساحة الردم في المقطع المختلط الأول (Station 1+300) $(F_i)$ = 4.11m$^2$

مساحة الحفر في المقطع المختلط الأول ( Station 1+300) $(C_i)$ = 25.39 m$^2$

مساحة الردم في المقطع المختلط الثاني (Station 1+320) $(F_{i+1})$ = 2.55m$^2$

مساحة الحفر في المقطع المختلط الثاني $30.17\text{m}^2 = (C_{i+1})$ (Station 1+320)

$(D)$ ترمز إلى المسافة بين المقطعين = 20 m

وعليه فأن

الحفر يساوي :

$$V_{cut} = \frac{1}{2}((25.39)+(30.17))\times(20)$$

$$V_{cut} = 555.60m^3$$

أما الردم فيساوي:

$$V_{fill} = \frac{1}{2}(4.40+2.55)\times(20)$$

$$V_{fill} = 69.50m^3$$

وبنفس الطريقة تم إيجاد باقي المساحات والحجوم كما في الجدول التالي:

جدول رقم (٧-٢) مساحات المقاطع العرضية وكميات الحفر والردم للطريق.

| STATION | AREAS Square Meters | | VOLUMES Cubic Meters | | CUMULATIVE VOLUMES Cubic Meters | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | CUT | FILL | CUT | FILL | CUT | FILL |
| 0+00 | 0.00 | 1.00 | | | | |
| 0+020 | 3.36 | 0.06 | 22.40 | 0.78 | 22.40 | 0.78 |
| 0+040 | 0.24 | 0.57 | 36.00 | 6.30 | 58.40 | 7.08 |
| 0+060 | 5.39 | 0.47 | 56.30 | 10.40 | 114.70 | 17.48 |
| 0+080 | 9.60 | 0.00 | 149.90 | 4.70 | 264.60 | 22.18 |
| 0+100 | 15.43 | 0.00 | 250.30 | 0.00 | 514.90 | 22.18 |
| 0+120 | 27.33 | 0.00 | 427.60 | 0.00 | 942.50 | 22.18 |
| 0+140 | 13.27 | 0.00 | 406.00 | 0.00 | 1348.50 | 22.18 |
| 0+160 | 0.00 | 3.17 | 107.11 | 6.11 | 1455.61 | 28.29 |
| 0+180 | 0.03 | 2.99 | 0.02 | 61.60 | 1455.63 | 89.89 |
| 0+200 | 0.00 | 7.33 | 0.02 | 103.20 | 1455.65 | 193.09 |
| 0+220 | 0.00 | 9.63 | 0.00 | 169.60 | 1455.65 | 326.69 |
| 0+240 | 0.00 | 11.86 | 0.00 | 21.49 | 1455.65 | 348.18 |
| 0+260 | 0.00 | 14.61 | 0.00 | 264.70 | 1455.65 | 612.88 |
| 0+280 | 0.00 | 21.61 | 0.00 | 365.90 | 1455.65 | 978.78 |
| 0+300 | 0.00 | 20.17 | 0.00 | 421.50 | 1455.65 | 1400.28 |
| 0+320 | 0.00 | 24.14 | 0.00 | 443.10 | 1455.65 | 1843.38 |
| 0+340 | 0.00 | 16.66 | 0.00 | 408.00 | 1455.65 | 2251.38 |
| 0+360 | 5.57 | 0.49 | 37.33 | 171.50 | 1492.98 | 2422.88 |
| 0+380 | 28.56 | 0.00 | 341.30 | 3.27 | 1834.28 | 2426.15 |
| 0+400 | 40.76 | 0.00 | 693.20 | 0.00 | 2527.48 | 2426.15 |
| 0+410 | 55.33 | 0.00 | 480.45 | 0.00 | 3007.93 | 2426.15 |
| 0+432 | 49.39 | 0.00 | 1151.92 | 0.00 | 4159.85 | 2426.15 |
| 0+450 | 49.82 | 0.00 | 892.89 | 0.00 | 5052.74 | 2426.15 |
| 0+480 | 38.55 | 0.00 | 1325.55 | 0.00 | 6378.29 | 2426.15 |
| 0+500 | 31.44 | 0.00 | 699.90 | 0.00 | 7078.19 | 2426.15 |
| 0+525 | 26.44 | 0.00 | 348.50 | 0.00 | 7426.69 | 2426.15 |
| 0+545 | 24.54 | 0.00 | 509.80 | 0.00 | 7936.49 | 2426.15 |
| 0+560 | 2.67 | 0.53 | 204.08 | 2.65 | 8140.57 | 2428.80 |
| 0+580 | 0.00 | 7.70 | 17.80 | 82.30 | 8158.37 | 2511.10 |
| 0+600 | 0.00 | 7.70 | 0.00 | 167.70 | 8158.37 | 2678.80 |
| 0+620 | 0.00 | 7.60 | 0.00 | 166.70 | 8158.37 | 2845.50 |
| 0+632 | 9.71 | 3.04 | 63.84 | 38.84 | 8222.21 | 2884.34 |
| 0+660 | 15.27 | 0.02 | 349.72 | 42.84 | 8571.93 | 2927.18 |
| 0+680 | 24.10 | 0.00 | 393.70 | 0.13 | 8965.63 | 2927.31 |
| 0+700 | 23.78 | 0.00 | 478.80 | 0.00 | 9444.43 | 2927.31 |
| 0+720 | 27.41 | 0.00 | 511.90 | 0.00 | 9956.33 | 2927.31 |
| 0+740 | 20.91 | 0.00 | 483.20 | 0.00 | 10439.50 | 2927.31 |
| 0+760 | 8.82 | 0.00 | 297.30 | 0.00 | 10736.83 | 2927.31 |
| 0+780 | 6.99 | 3.51 | 185.10 | 23.40 | 10921.93 | 2950.71 |
| 0+800 | 3.55 | 6.44 | 105.40 | 99.50 | 11027.33 | 3050.21 |
| | | | 23.67 | 142.30 | 11051.00 | 3192.51 |

| | | |
|---|---|---|
| 0+820 | 0.00 | 7.79 |
| 0+840 | 0.00 | 9.27 |
| 0+860 | 1.64 | 8.90 |
| 0+880 | 2.18 | 12.40 |
| 0+900 | 0.00 | 18.00 |
| 0+910 | 0.00 | 8.15 |
| 0+935 | 0.00 | 7.02 |
| 0+950 | 0.00 | 9.67 |
| 0+980 | 0.00 | 8.96 |
| 1+000 | 0.04 | 14.87 |
| 1+020 | 0.00 | 15.76 |
| 1+040 | 0.00 | 14.09 |
| 1+060 | 0.00 | 28.28 |
| 1+080 | 0.00 | 26.62 |
| 1+100 | 0.00 | 30.50 |
| 1+120 | 3.45 | 21.28 |
| 1+140 | 0.00 | 36.02 |
| 1+160 | 0.00 | 28.86 |
| 1+180 | 0.00 | 31.19 |
| 1+200 | 0.00 | 23.77 |
| 1+220 | 0.00 | 15.34 |
| 1+240 | 0.00 | 22.96 |
| 1+260 | 0.00 | 19.26 |
| 1+280 | 15.93 | 2.34 |
| 1+300 | 25.39 | 4.40 |
| 1+320 | 30.17 | 2.55 |
| 1+340 | 33.27 | 0.00 |
| 1+360 | 26.70 | 4.44 |
| 1+380 | 15.30 | 0.00 |
| 1+400 | 17.71 | 0.08 |
| 1+420 | 10.10 | 0.03 |
| 1+440 | 5.19 | 6.10 |
| 1+460 | 7.24 | 0.54 |
| 1+480 | 5.40 | 0.67 |
| 1+500 | 0.61 | 0.30 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 0.00 | 170.60 | 11051.00 | 3363.11 |
| 10.93 | 181.70 | 11061.93 | 3544.81 |
| 38.20 | 213.00 | 11100.13 | 3757.81 |
| 14.53 | 304.00 | 11114.66 | 4061.81 |
| 0.00 | 130.75 | 11114.66 | 4192.56 |
| 0.00 | 189.63 | 11114.66 | 4382.19 |
| 0.00 | 125.33 | 11114.66 | 4507.52 |
| 0.00 | 275.40 | 11114.66 | 4782.92 |
| 0.27 | 238.30 | 11114.93 | 5021.22 |
| 0.27 | 306.30 | 11115.20 | 5327.52 |
| 0.00 | 298.50 | 11115.20 | 5626.02 |
| 0.00 | 423.70 | 11115.20 | 6049.72 |
| 0.00 | 549.00 | 11115.20 | 6598.72 |
| 0.00 | 30.12 | 11115.20 | 6628.84 |
| 23.00 | 517.80 | 11138.20 | 7146.64 |
| 23.00 | 573.00 | 11161.20 | 7719.64 |
| 0.00 | 648.80 | 11161.20 | 8368.44 |
| 0.00 | 600.50 | 11161.20 | 8968.94 |
| 0.00 | 549.60 | 11161.20 | 9518.54 |
| 0.00 | 39.11 | 11161.20 | 9557.65 |
| 0.00 | 383.00 | 11161.20 | 9940.65 |
| 0.00 | 422.20 | 11161.20 | 10362.85 |
| 106.20 | 216.00 | 11267.40 | 10578.85 |
| 413.20 | 67.40 | 11680.60 | 10646.25 |
| 555.60 | 69.50 | 12236.20 | 10715.75 |
| 634.40 | 17.00 | 12870.60 | 10732.75 |
| 599.70 | 29.60 | 13470.30 | 10762.35 |
| 420.00 | 29.60 | 13890.30 | 10791.95 |
| 330.10 | 0.53 | 14220.40 | 10792.48 |
| 278.10 | 1.10 | 14498.50 | 10793.58 |
| 152.90 | 61.30 | 14651.40 | 10854.88 |
| 124.30 | 66.40 | 14775.70 | 10921.28 |
| 126.40 | 12.10 | 14902.10 | 10933.38 |
| 60.10 | 9.70 | 14962.20 | 10943.08 |

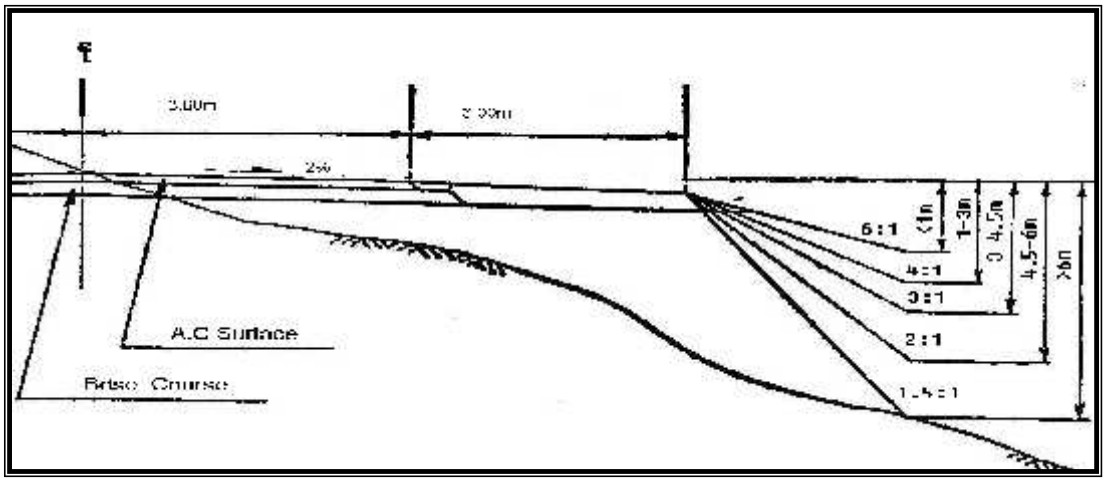
**الحجم الكلي للردم** = ١.١ * ١٠٩٤٣.٠٨ = ١٢٠٣٧.٤٠$m^3$ (حيث ١.١ هو معامل انتفاخ التربة)

**الحجم الكلي للحفر** = ١.٢ * ١٤٩٦٢.٢٠ = ١٧٩٥٤.٦٤$m^3$ (حيث ١.٢ هو معامل انضغاط التربة)

## ٣-٧ طريقة العمل:

أثناء العمل الميداني تم رصد عدة مقاطع عرضية وذلك على طول المحور الطولي للطريق حيث وزعت هذه المقاطع على مسافات مناسبة كل (20m) تم رصد مقطع عرضي متعامد مع محور الطريق، **أما** عند المنحنيات والتغيرات في طبوغرافية الأرض تم تقليل المسافة الفاصلة بين المقاطع العرضية حسب الحاجة، 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 بمعلومية مناسيب **النقط المكونة للمقطع العرضي**.
- حساب مساحة كل مقطع عرضي وبيان مساحة كل من الحفر والردم في المقاطع المختلطة باستخدام **برنامج**(AutoCAD).
- بالنسبة لحساب الحجوم تم حساب هذه الحجوم باستخدام برنامج(Soft Desk).
- بالنسبة لمقدار الميول الجانبية في حالة الردم تم الاعتماد **على الشكل** (7-11) ، ومقدار الميول الجانبية في حالة الحفر يعتمد على نوعية التربة المتوفرة في منطقة العمل.



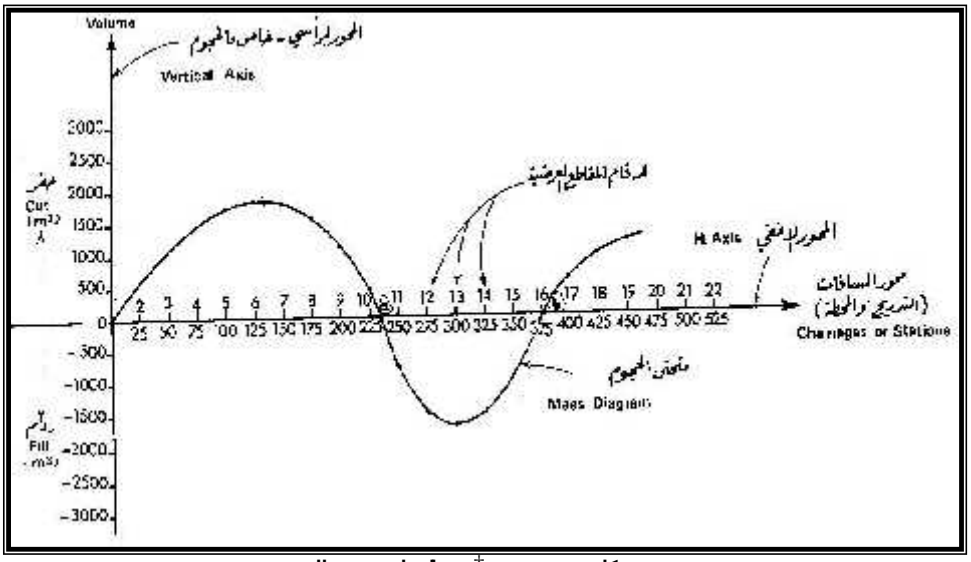

**شكل** (7-11): مقدار الميول الجانبية [*].

[*] المرجع رقم ٤

### ٧-٤ 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 عامودا 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 (7-12) المجموع الجبري لكميات الحفر والردم من بداية المشروع وحتى القطة 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 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( ٧-١٢-)[†]: مثل لمنحنى الحجوم.

## ٧-٥ 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.
- الفرق بين الاحداثيين الصاديين لنقطتين على منحنى الحجوم يمثل كمية الحفر أو الردم بين هاتين النقطتين من المشروع بشرط أن يكون المنحنى بين هاتين النقطتين صاعدا أو هابطا دون انقطاع (أي لا يوجد بين هاتين النقطتين نقطة أخرى ذات قيمة أعظمية أو اصغرية).
- وتجدر الملاحظة إلى أن كميات الحفر لا تحافظ على حجمها الأصلي حيث يحدث لها انتفاخ بمقدار معين، وكذلك كميات الردم يحدث لها انكماش عند دمكها بمقدار معين.

[†] المرجع رقم ٦

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

من الضروري في أعمال الطرق والسكك الحديدية والمطارات حساب كميات الحفر والردم بشكل مدروس وبأقل التكاليف قدر الإمكان. وللحصول على كميات حفر وردم بأقل التكاليف نحاول الحصول على كميات حفر مساوية لكميات الردم.

إلا أنه في بعض الحالات تكون كميات الحفر اكبر من الردم مما يضطرنا إلى نقل كميات الحفر إلى مناطق مناسبة، وأحيانا تكون كميات الردم اكبر من الحفر أو المواد التي حصلنا عليها من كميات الحفر غير مناسبة لعملية الردم ، مما يوجب نقل مواد الردم من أماكن مناسبة إلى منطقة المشروع ، مما يؤدي إلى زيادة تكاليف المشروع .

**٦-٧ مسافة النقل المجاني ومسافة النقل الاقتصادي الأعظمية:**

**مسافة النقل المجاني**:هو النقل الذي لا يترتب عليه أية أجور بل يكون في الغالب مشمولا ضمن سعر الحفر شريطة أن لا تتجاوز مسافة النقل حدا معينا متفق عليه.

مسافة النقل الأعظمية الاقتصادية: المسافة التي تتساوى معها تكاليف الحفر والنقل مرتين (مرة لحفر الكمية من موقعها ضمن المشروع ونقلها إلى مستودع مجاور على جانب الطريق ومرة أخرى لحفر ونقل نفس الكمية من موقع إمداد مناسب لا يبعد أكثر من مسافة النقل المجاني عن موقع الردم المطلوب).

**تم اعتماد مسافة النقل المجاني تساوي** (150m) وذلك حسب نظام وزارة الأشغال العامة الأردنية. , **وسعر حفر ونقل المتر المكعب الواحد لمسافة** (150m) أو دون ذلك يساوي (4) دنانير **أردني، وسعر نقل المتر المكعب الواحد لكل** (50m) زيادة عن (150m) يساوي 1 دينار أردني.ولحساب مسافة النقل الأعظمية الاقتصادية (X) نطبق العلاقة التالية:

* المرجع رقم ٤

$$4+\frac{X-150}{50}*1=2*4$$
$$X=350m.$$

وعليه إذا زادت المسافة عن (350m) فإن تكاليف الحفر والنقل ستزيد عن1 دنانير أردني. وبالتالي ستزيد عن تكاليف الحفر والنقل مرتين لمسافة تقل عن (150m).

وبالنسبة لمنحنى الحجوم التراكمي الخاص بالمشروع فهو مبين في اللوحة التالية .

# (٨)
# الفصل الثامن
# تصميم التقاطعات

٨-١ مقدمة.

٨-٢ أنواع التقاطعات.

٨-٣ فوائد القنوات في التقاطع.

٨-٤ نقط التصادم.

٨-٥ أنصاف أقطار الدوران.

٨-٦ عرض المسرب المخصص للدوران.

٨-٧ مسافة الرؤية المخصصة للتوقف.

٨-٨ مسافة الرؤية اللازمة على جانب التقاطع.

٨-٩ الجزر والقنوات على التقاطع .

# الفصل الثامن
## تصميم التقاطعات

### ٨-١ 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.

### ٨-٢ أنواع التقاطعات:

حيث تقسم التقاطعات إلى ثلاث أنواع رئيسية وهي:

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

٢- تقاطع مفصول (معزول ) بدون رمبات.

٣- تقاطع مفصول مع رمبات.

**واختيار نوع التقاطع يعتمد على عدة عوامل منها:**

- ❖ حجم السير على كل ذراع من اذرع التقاطع.
- ❖ نسبة هذه الحجوم إلى بعضها البعض.
- ❖ مكونات السير على التقاطع ونسبة الشاحنات فيها.

- أهمية الطرق المتقاطعة.
- نوع وطبيعة حركة السيارات على التقاطع ودورانها.
- مدى الرغبة في التحكم في حركة السيارات.
- حركة المشاة.
- طبوغرافية الأرض وثمن الأراضي
- النواحي الاقتصادية وتكاليف الإنشاء.
- الرغبة في تخفيف الحوادث.
- مسافة الرؤية المتوفرة. فان كانت المسافة محدودة فان ذلك يتطلب تقاطع يكتب عليه (قف) أو أعط حق الأولوية.
- المحاذاة الأفقية وزاوية التقاطع.

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

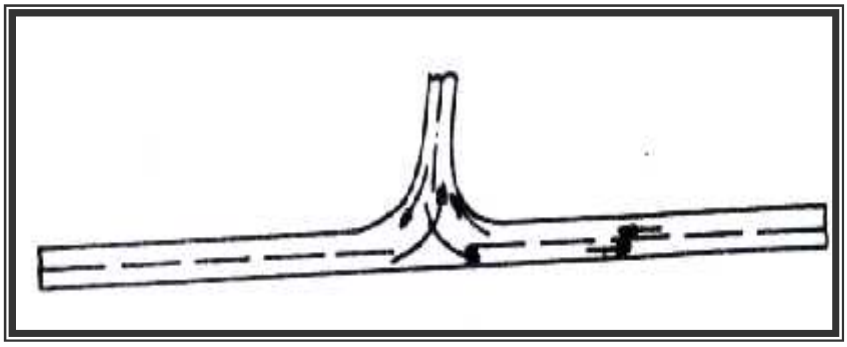
**٨-٣-١- التقاطع العادي البسيط (simple intersection):**

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.

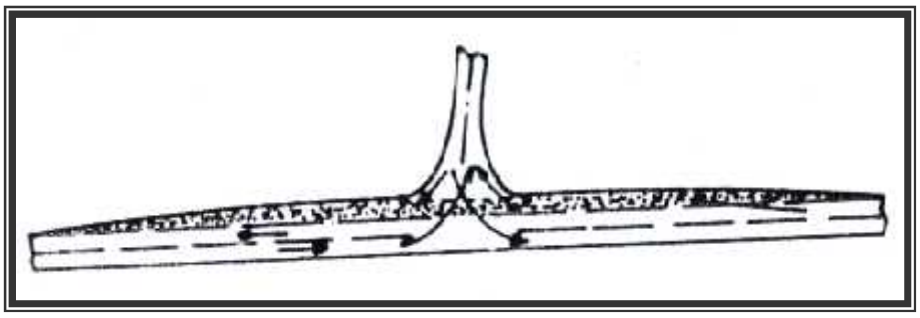
ويتم تطوير هذا النوع من التقاطعات حسب كثافة السير وأهمية التقاطع، والأمثلة التالية تبين التطورات التي أدخلت على بعض هذه التقاطعات:

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



**الشكل (٨-١ )** الشكل البسيط للتقاطع*

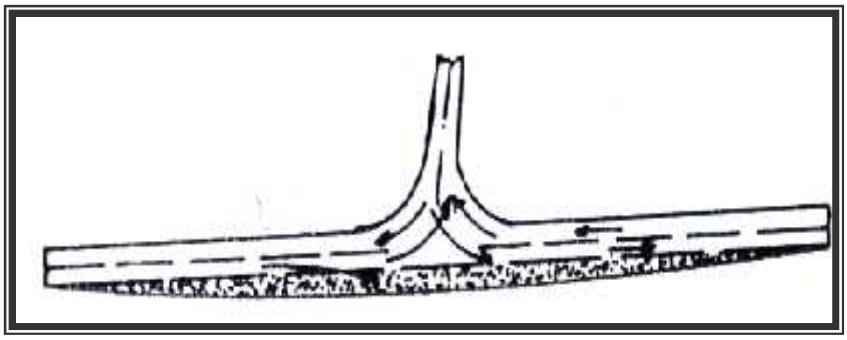
٢- تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع وذلك بإضافة مسرب يصلح للدخول وللخروج لمسافة تكفي لتباطؤ أو تسارع السير كما هو مبين في شكل (٨-٢ ). وهذا النوع يعطي حرية للسيارات التي تريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يمينية ولكنه لا يعطي حرية لمن يريد الدخول أو الخروج من التقاطع بحركة دوران يسارية.



**الشكل** (٨-٢) تقاطع بسيط مع توسيع الطريق عند التقاطع†

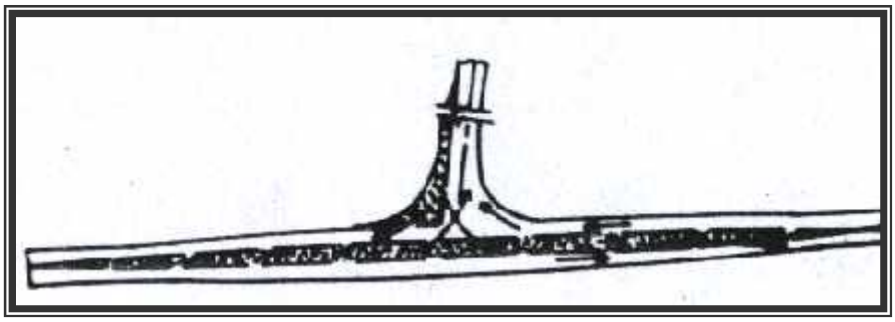
٣- في هذا النوع من التقاطع يكون المسرب الإضافي من الجهة المقابلة كما في شكل( ٨-٣)، وهذا عكس لما رأيناه في شكل (٨-٢ ) أي إن الحرية الآن أكثر للسير الذي يدور إلى اليسار وهذا يساعد السير المستمر في تجنب الاصطدام بالسيارات التي تريد الانعطاف يسارا وبنفس الوقت يحمي السيارات التي تدخل وتخرج.

* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢



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

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



الشكل (٨-٤ ) اضافة مسرب كامل على التقاطع†

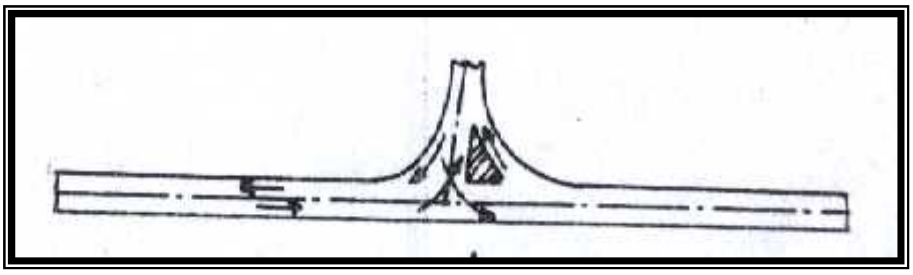
**8-2-2-التقاطع الجرسي ( Flared):**

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.

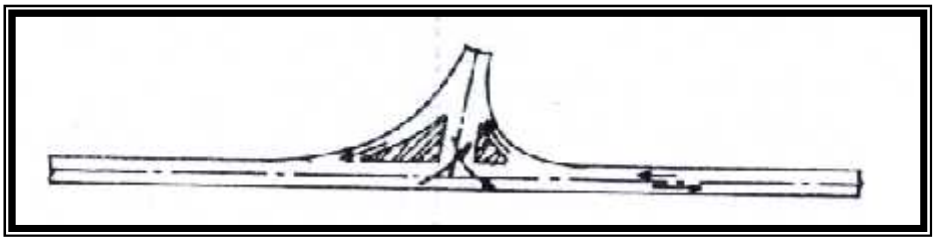
* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢

### 8-2-3- 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 رقم ( ١ )، والأشكال من (٨-٥ ) إلى (٨-٨ ) تبين أشكالا متعددة لتقاطع ذو قنوات، والأسهم تشير إلى طبيعة الحركة، وهذه الأشكال مرتبة حسب الزيادة في حركة السير على التقاطع.

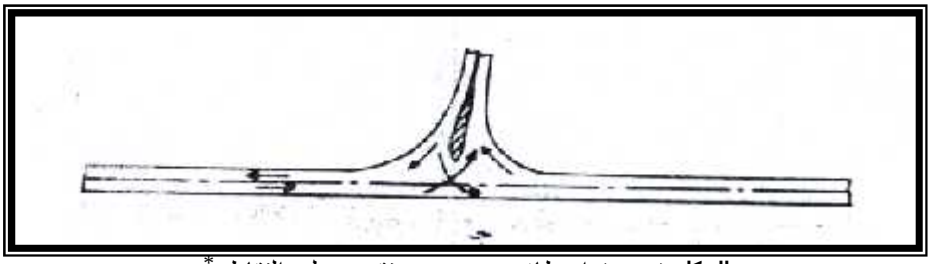


الشكل ( ٨-٥ ) انعطاف دورة واحدة*

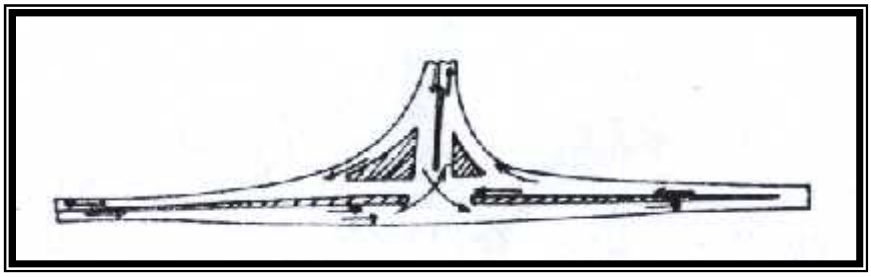


الشكل (٨-٦ ) انعطاف مزدوج على التقاطع†

* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢



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



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

## 8-3-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 تحتل مساحة تكلف اقل.
- ❖ يقوم بحماية المشاة حيث يقوم هؤلاء بقطع الطريق على مراحل وذلك بالاستعانة بالجزر.
- ❖ تزداد سعة استيعاب الطريق وتقلل من التأخير.

---

* المرجع رقم ٢
† المرجع رقم ٢

- ❖ يمنع الحوادث حيث نضمن حماية للسائق أثناء قطع الطريق لأنه يستطيع القيام بذلك على مراحل.
- ❖ يحمي السيارات التي ستدور لليمين أو لليسار أثناء انتظارها.
- ❖ يمنع السائقين من القيام بحركات ممنوعة كالاتجاه إلى اليسار بعكس السير.
- ❖ تشكل القنوات خطوة أولية لوضع وسائل تنظيم التقاطع بإشارة ضوء حيث إن القنوات ضرورية عند وضع الإشارات الضوئية.
- ❖ الجزر مكان مناسب لوضع الإشارات واللوحات.

## 4-8 نقاط التصادم (Conflict points) :

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

١- **الانفراج:** حيث ينفرج تيار المرور الأصلي إلى فروع مختلفة عند التقاطع ويكون الانفراج إما إلى اليمين أو إلى اليسار أو يكون مزدوجا أو متعددا.

٢- **الاندماج:** ويحدث الاندماج من اليمين أو من اليسار أو كليهما فيكون اندماجا مزدوجا أو من حركات متعددة فيكون اندماجا متعدد.

٣- **العبور:** وهو يشكل عبور العربات من الطرق الجانبية للطرق الرئيسية في مساحة التقاطع حيث تقطع هذه العربات تيار المرور الرئيسي لتغيره إما إلى اليمين أو إلى اليسار أو حسب شكل التقاطع فيكون المرور مائل أو عكسي.

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

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

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

## ٨-٥ أنصاف أقطار الدوران:

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

جدول (٨-١): 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 (٨-٢) يوضح نصف القطر بالنسبة للسرعة على المنعطف.

الجدول (٨-٢ )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 |

## ٨-٦ 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 ( ٨-٣) التالي يبين عرض المسارب على التقاطع في منطقة الدوران.

الجدول (٨-٣ ) 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 | مقطورة | سيارات | شاحنات | مقطورة | سيارات | شاحنات | مقطورة |
| 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 |

**٨-٧ 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(٨- ٤) يبين المسافات اللازمة للتوقف.

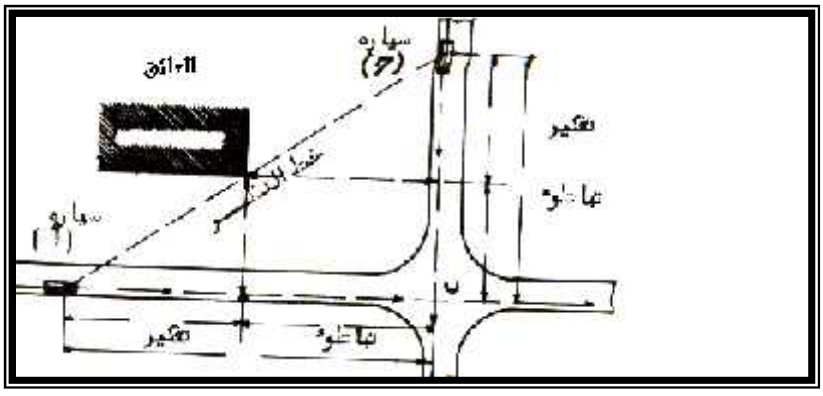
الجدول ( ٨-٤) مسافة الرؤية للتوقف على التقاطع*

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

## ٨- 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 ( ٨-٩ ) ويجب إن يرى كل سائق على الطريقين المتقاطعين كلا منهما الأخر من خلال هذا المثلث.




الشكل (٨- ٩ ) مسافة الرؤية على التقاطع – أما وقوف أو تعديل سرعة*

* المرجع رقم ٣

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(٨-٤).

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( ٨-٥)، 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.

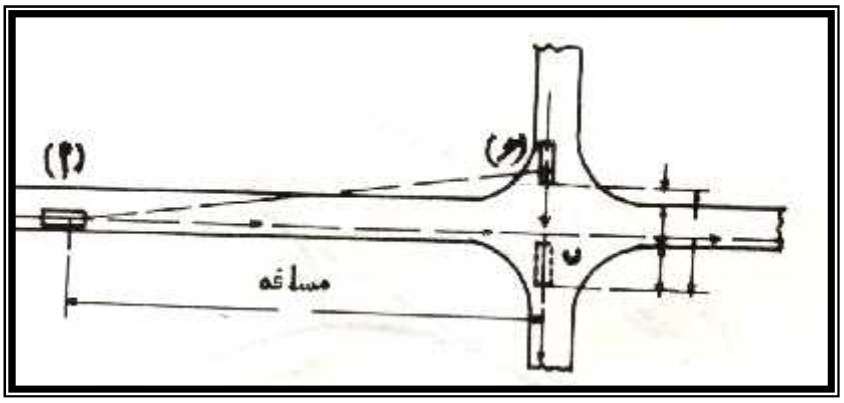
---

* - المرجع رقم٩

الجدول (٨-٥) 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 (٨ - 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 ( ٨- ١٠) مسافة الرؤيا على التقاطع – وقوف السيارة على الطريق الفرعي†

إن المسافة أجـ اللازمة تساوي

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

حيث:

d = المسافة بالأمتار

* المرجع رقم ٢
† - المرجع رقم ٩

$v$ = سرعة السيارة ( أ ) على الطريق الرئيسي.

j = الوقت اللازم للرؤية وتقرير السير.

t = الوقت اللازم للقطع وهذا يتغير بتغير نوع المركبة

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.

## ٨-٩ الجزر والقنوات على القطاعات:

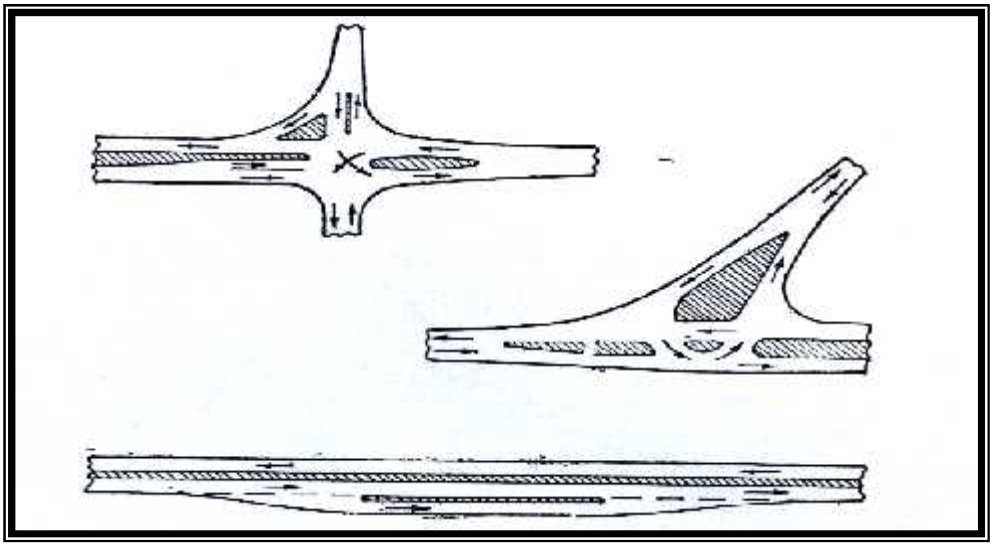
يحتاج التقاطع المحدد المسارب إلى دراسة أكثر من التقاطع العادي البسيط، حيث أن عرض الجزر والفراغ بينهما وأطوالها ومسافة الفراغ بينهما أمور ضرورية، فنحن نهدف هنا إلى سير المركبة بسهولة دون تعطيل حركة السير، كما أن المقطع المحدد المسارب يعني أن السيارات التي ستستعمل اتجاها معينا، ستحدد بمسارب معينة لا تستطيع 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.

### ٨-٩-١ مكونات الجزر:

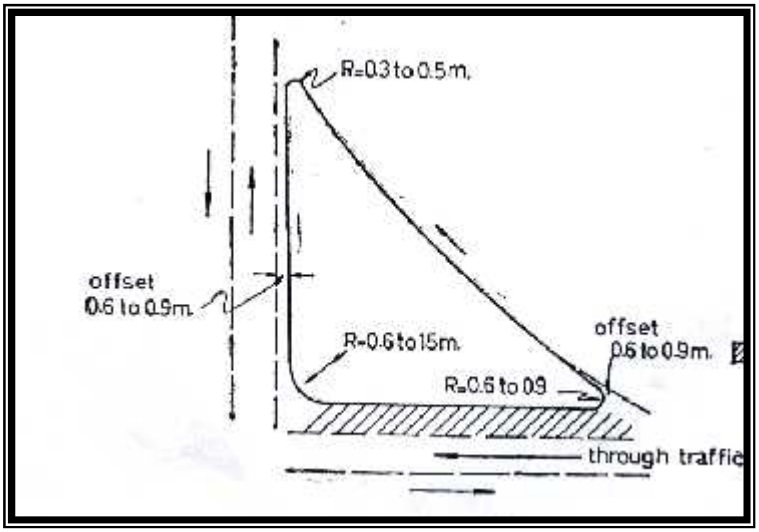
تتكون الجزر إما من أطار يف مع رصفة، أو علامات وأزرار أو حواجز، كذلك يمكن أن تكون ساحة غير مرصوفة محددة بأعمدة أو تراب مرتفع، ولهذه الأشياء بالطبع فوائد وسيئات من حيث الساحة المتوفرة والأخطار على السيارات وسرعة السيارة وتصريف الماء، فالأطاريف والحواجز البارزة مثلا تسبب خطرا للسيارات وتمنع تصريف المياه، 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.

### ٨-٩-٢ 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 (٨-١١) يبين أشكالا وتوزيعات متعددة للجزر، ووالشكلين ( ٨-١٢) ، (٨-١٣) يبين أبعاد بعض أنواع الجزر عند القطاع.

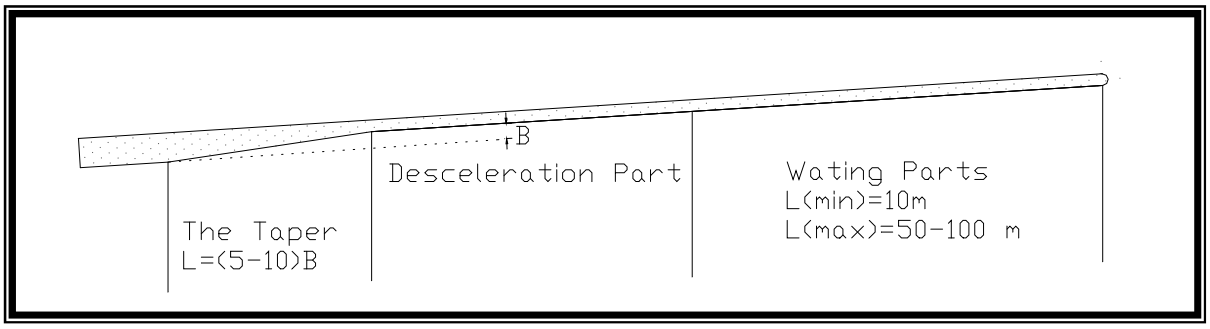


**الشكل** (٨-١١ ) إشكال وتوزيع الجزر على التقاطعات*




**الشكل**(٨-١٢ ) أبعاد الجزيرة على شكل مثلث عند التقاطع†

* المرجع رقم ٩
† المرجع رقم ٩




**الشكل**(٨-١٣ ) أبعاد الجزيرة الطولية على التقاطع*

### ٨-٩-٣ 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

# (٩)
# الفصل التاسع
# الإنارة على الطريق

٩-١ مقدمة.

٩-٢ مواصفات الإضاءة.

٩-٣أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة.

٩-٤ طريقة توزيع الإضاءة على الشارع.

٩-٥ إرتفاع أعمدة الإنارة.

٩-٦ المسافة بين أعمدة الإنارة.

# الفصل التاسع
# الإنارة على الطريق

## ٩-١ 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.

## ٩-٢ 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.

## ٩-٣ أنواع المصابيح الرئيسية المستخدمة في الإضاءة:

١. مصابيح التنجستن (Tungsten Filament).
٢. مصابيح الصوديوم (Sodium Vapour).
٣. مصابيح الفلورسنت (Tubular Fluorescent).

٤. المصابيح الزئبقية(High-Pressure Mercury Lamps) .

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:

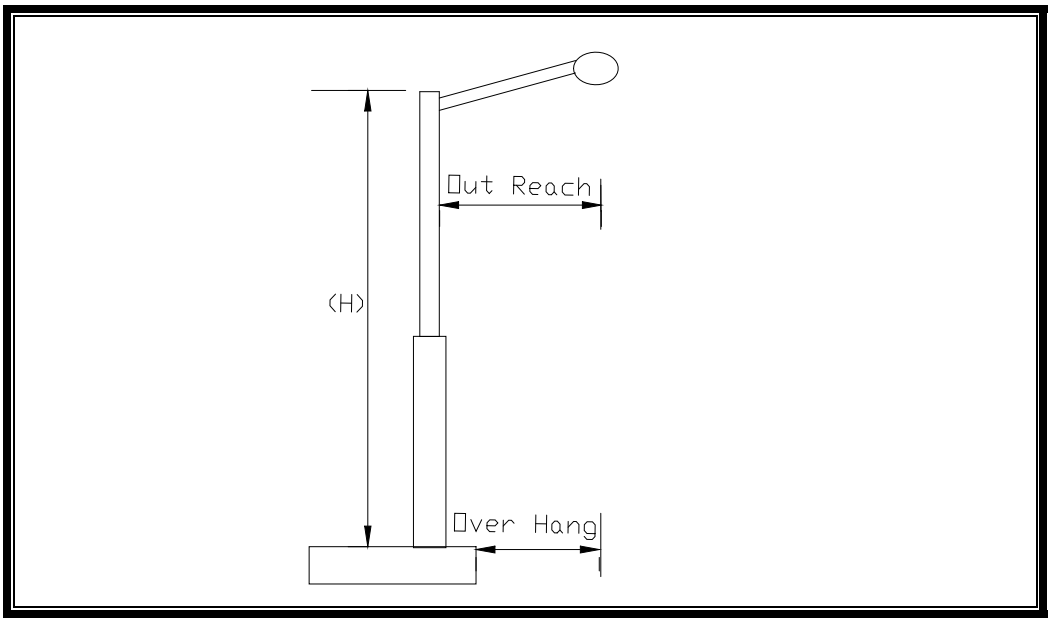
١-المسافة بين مركز المصباح ومركز العامود(.Out Reach)

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 (٩-١) .



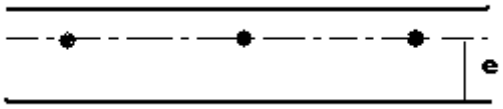

**الشكل** (٩-١) أعمدة الإضاءة على الطريق*

### ٩-٤ 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** (٩-٢)، حيث يلجأ إلى هذا الترتيب **إذا كان ارتفاع عمود الإنارة** (**h**) اكبر من المسافة بين موضع العمود وطرف الشارع ( **e** ).

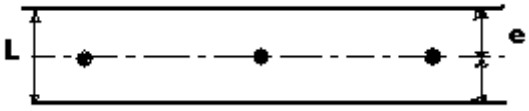
* المرجع رقم ٤




**h > e**

**الشكل**( ٩-٢) توزيع الأعمدة في جهة واحدة*

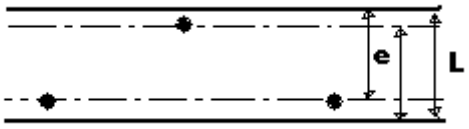
٢- توزيع الأعمدة في المنتصف ( على جزيرة) (**central arrangement**)، كما في شكل (٩-٣)، حيث يلجأ لهذا الطريق إذا كان عرض الشارع (**L**) اقل من طول العمود مرة ونصف.




**L < 1.5 h**

**الشكل** (٩-٣) توزيع الإنارة في المنتصف†

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




**h < e**

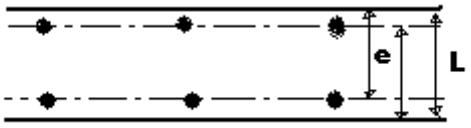
**L < 1.5h**

**الشكل** (٩-٤) توزيع الأعمدة بشكل ترنحي ‡

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

---

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




**L > 1.5 h**

**h > L / 2**

**الشكل** ( ٩-٥ ) ترتيب الإنارة بشكل تقابلي*

## ٩- 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.

## ٩-٦ 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(٩-١ ) التالي العلاقة بين المسافة بين الأعمدة وعرض الطرق وارتفاع العمود.

* المرجع رقم ٤

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

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

حيث:

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

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

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

* المرجع رقم ٤.

- من محطة رقم ٠+٠٠ إلى ٠+٥٨٠ عرض الطريق ٧.٣٠م و، ويقع ضمن المجموعة A3 ، كما أن عرض للشارع (L) أصغر من 1.5h .

**L <1.5 h**

**7.30 < 1.5 * 9.14**

**7.30 < 13.71 m**

لذلك سنستخدم الطريقة الثالثة ( staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة، وبالاعتماد على الجدول (٩-١)، 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

- من محطة رقم 0+580 إلى 1+320 عرض الطريق ١١م و، ويقع ضمن المجموعة A3 ، كما أن عرض للشارع (L) أصغر من 1.5h .

**L <1.5 h**

**11 < 1.5 * 9.14**

**11 < 13.71m**

سنستخدم الطريقة الثالثة ( staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة، وسيكون 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

- من محطة رقم 1+320 إلى 1+500عرض الطريق 7.30م ، ويقع ضمن المجموعة A3 ، كما أن عرض للشارع (L) أصغر من 1.5h .

**L <1.5 h**

**7.30 < 1.5 * 9.14**

**7.30 < 13.71 m**

سنستخدم الطريقة الثالثة ( staggered arrangement) في عملية توزيع أعمدة الإنارة،

وسيكون توزيع الأعمدة على النحو التالي:

ارتفاع العمود: ٩.١٤متر

المسافة بين الأعمدة: ٤٠ متر

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

(10)

# الفصل العاشر
# علامات وإشارات المرور

١٠-١ مقدمة.

١٠-٢ علامات المرور.

10-٣ الإشارات.

# الفصل العاشر
# علامات وإشارات المرور

## ١٠-١ المقدمة:

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

وعلم المرور يتطرق إلى أمور عدة كالاتجاهات والمسارب والانعطاف إلى اليمين أو اليسار والمسافات والوقوف وغير ذلك.

## ١٠-٢ علامات المرور (Traffic Marking )

### ١٠-٢-١ أهداف علامات المرور:

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

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

**١٠-٢-٢ الشروط الواجب توفرها في العلامات:**

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

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

**٢-** أن يكون فيها توافق وتناسب في الألوان.

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

**١٠-٢-٣أنواع 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** 10**سم.**

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 وبجب 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.

**١٠-٣ الاشارات:**

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

**١٠-٣-١ أنواع الاشارات:**

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

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

جدول رقم (10-1) بعض اشارات التحذير*

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

* إشارات المرور الخاصة بمدارس السياقة.

**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 (10-2) بعض اشارات الإرشاد ومدلولاتها.*

| إشارات الإرشاد | مدلول الإشارة |
|---|---|
| | ممنوع الانعطاف نحو اليسار. |
| | ممنوع الانعطاف نحو اليمين. |
| | ممنوع الانعطاف نحو اليمين بقصد السفر نحو الجهة المضادة. |
| | ممنوع الانعطاف نحو اليسار بقصد السفر نحو الجهة المضادة. |
| | قف! أعطي حق الأولوية لحركة السير على الطريق المقابلة. |
| | قف! (إشارة طرق متقلة). |

* إشارات المرور الخاصة بمدارس السياقة .

### ١٠-٣-٢ مواصفات الاشارات:

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

١- **أبعاد الإشارة**: كلما كانت الإشارة أكبر ضمن حدود معقولة كلما تحسنت الرؤية للسائق.

٢- تباين الألوان في الإشارة: تباين اللون في الإشارة ضروري جدا لتحقيق غايتين هما ظهور الإشارة بالنسبة للمنطقة وظهور الكتابة بالنسبة للإشارة نفسها ويتحقق هذا التباين باستعمال ألوان مختلفة ذات لمعان مختلف.

٣- **الشكل**: يجب أن تكون الإشارة ذات شكل منتظم وتتناسب مع الهدف الذي وضعت من أجله.

٤- **الكتابة** : رؤية الكتابة تتأثر بعدة عوامل هي نوع الكتابة , **حجم الأحرف** ،**سماكة الخط** , وعرض الهامش والفسحات بين الكلمات والأسطر .

### ١٠-٣-٣ موقع الإشارة:

لا بد أن تكون الإشارة في موقع وارتفاع مناسبين لتسهيل رؤيتها وقراءتها من قبل السائق من مسافة كافية 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** (10-3) المسافة بين الإشارة و التقاطع *

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

**١٠-٣-٤ 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.

**١٠-٣-٥ 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

(11)

# الفصل الحادي عشر
## النتائج والتوصيات

١١-١ النتائج.

١١-٢ التوصيات.

# الفصل الحادي عشر
# النتـــائـــج والتـــوصيـــــات

## ١١-١ النتائج:

١. مسار الطريق الحالي لا يتوافق مع متطلبات التصميم السليم .
٢. أهمية الطريق موضوع البحث ، كونه الطرق الوحيد المباشر الرابط بين مدينة حلحول وبيت-أولا.

## ١١-٢ التوصيات:

١. التأكيد على بلدية حلحول 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 حلحول .
٣. طرح مشروع تخرج مكمل لجزء الطريق الآخر حيث أن هذا المشروع يغطي جزء من الطريق.
٤. طرح مساقات للتصميم الإنشائي للطرق لطلبة هندسة المساحة والجيوماتكس.

## 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، بالمقابلة الشخصية، " معلومات عن الميول الجانبية والجدران الاستنادية ".

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 .

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

9-Paul Wolf, Charles Ghlani, Adjustment Computations, New York, John Wiley, 1997.

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

# TRAVERSE COMPUTATIONS

## 1-1 Angular Misclosure:

In a link traverse, angular misclosure is found by computing initial azimuths for each course, and then subtracting the final computed azimuth from its given counterpart. The initial azimuths and their estimated errors are computed using the following equations:

$$Azc = Azp + 180 + \bar{i} \quad \text{.....} \quad 1.1$$

Where:
Azc : is the azimuth for the current course .
Azp: is the previous course azimuth.
$\bar{i}$ : is the appropriate interior angle to use in computing the current course azimuth

$$\pm Azc = \sqrt{\pm^2 Azp + \pm^2 \bar{i}} \text{.....} 1.2$$

Where:
$\pm Azc$ : the error in the current azimuth .
the error in appropriate interior angle used to compute the current azimuth . $\pm \bar{i}$

In our case we have the following measurements

Table 1.1 known control stations

| Point | X | Y |
|---|---|---|
| A | 107104.97 | 157838.10 |
| B | 110084.18 | 158016.75 |
| C | 110204.64 | 156481.44 |
| D | 108772.02 | 159200.00 |

Where : Station A represent Al Ahli tower .
Station B represent private station on a building for Jammal Alcat .
Station C represent private station beside Beer Alsafa.
Station D represent Halhul Tower

Note : the coordinates of the above stations are obtained from Alasdeqa Office for surveying in Halhul .

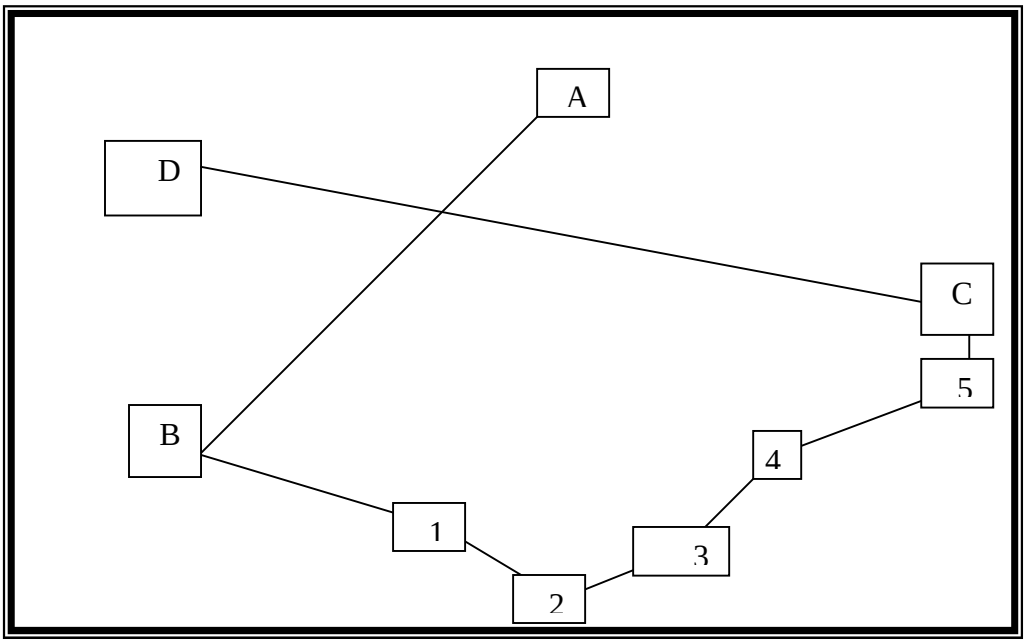



Fig 1.1 Sketch of the traverse

**Distance observations:**

We have for each distance eight observations; we find the mean and the standard deviation for the angles using the following equations:

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^{n} y_i}{n} \text{.....1.3}$$

$$S = \pm\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} y_i^{\,2} - n\bar{y}^{2}}{n-1}} \text{.....1.4}$$

Where:

$\bar{y}$: the most probable value

yi: the ith observation.

n: No. of observations.
S: standard deviation

By applying the above equations and check the observation at 95% confidence Level($E_{95\%}$=1.96S) to remove the blunder if there are any blunder and find the mean and standard deviation we get the following results in the table bellow .

**Sample of calculations:**

For the distance (B-1):

$$\bar{y} = \frac{2576.455}{8} = 322.057m$$

$$S = \pm 0.00185$$

$$E_{95\%} = \pm 1.96 * (0.00185) = \pm 0.0036$$

Range of acceptable observations = 322.057-0.0036 to 322.057+0.0036

Range of acceptable observations =322.053 to 322.061

Note that all observations lie at this range and so there is no reason to believe that any observation may be a blunder.

Table 1.2 distance observations

| Distance | Observations | Mean Distance | Standard deviation |
|---|---|---|---|
| B-1 | 322.060 | 322.057 | ±0.00185 |
| | 322.058 | | |
| | 322.056 | | |
| | 322.058 | | |
| | 322.054 | | |
| | 322.055 | | |
| | 322.058 | | |
| | 322.056 | | |
| 1-2 | 116.282 | 116.284 | ±0.00185 |
| | 116.286 | | |
| | 116.286 | | |
| | 116.284 | | |
| | 116.282 | | |
| | 116.282 | | |
| | 116.284 | | |
| | 116.286 | | |
| 2-3 | 132.961 | 132.960 | ±0.00151 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 132.963 | | |
| | 132.960 | | |
| | 132.958 | | |
| | 132.960 | | |
| | 132.958 | | |
| | 132.962 | | |
| | 132.960 | | |
| 3-4 | 166.280 | 182.280 | ±0.00141 |
| | 166.282 | | |
| | 182.278 | | |
| | 182.281 | | |
| | 182.280 | | |
| | 182.278 | | |
| | 182.280 | | |
| | 182.280 | | |
| 4-5 | 651.690 | 651.689 | ±0.00151 |
| | 651.691 | | |
| | 651.687 | | |
| | 651.688 | | |
| | 651.689 | | |
| | 651.691 | | |
| | 651.689 | | |
| | 651.688 | | |
| 5-C | 182.680 | 182.682 | ±0.00180 |
| | 182.681 | | |
| | 182.680 | | |
| | 182.680 | | |
| | 182.684 | | |
| | 182.684 | | |
| | 182.683 | | |
| | 182.683 | | |

Table 1.3 Final Distance observations

| From | To | Mean Distance (m) | Standard deviation S(m) |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 322.057 | ± 0.00185 |
| 2 | 3 | 116.284 | ± 0.00185 |
| 3 | 4 | 132.960 | ± 0.00151 |
| 4 | 5 | 166.280 | ± 0.00141 |
| 5 | 6 | 651.689 | ± 0.00151 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 6 | C | 182.682 | ± 0.00180 |

**Angle Observations:**

Using the equation 1.3 and equation 1.4 we get the following table

Table 1.4 Angle observations

| Angle | Observations | Mean Angle | Standard deviation |
|---|---|---|---|
| AB1 | 86 02 06 | 86 02 04 | ± 00 00 03 |
| | 86 02 08 | | |
| | 86 02 04 | | |
| | 86 02 04 | | |
| | 86 02 02 | | |
| | 86 01 58 | | |
| | 86 02 04 | | |
| | 86 02 06 | | |
| B12 | 218 38 34 | 218 38 32 | ± 00 00 02.55 |
| | 218 36 32 | | |
| | 218 38 30 | | |
| | 218 38 28 | | |
| | 218 38 32 | | |
| | 218 38 32 | | |
| | 218 38 32 | | |
| | 218 38 36 | | |
| 123 | 137 50 50 | 137 50 48 | ± 00 00 02.69 |
| | 137 50 52 | | |
| | 137 50 48 | | |
| | 137 50 48 | | |
| | 137 50 46 | | |
| | 137 50 46 | | |
| | 137 50 44 | | |
| | 137 50 50 | | |
| 234 | 205 28 20 | 205 28 18 | ± 00 00 01.92 |
| | 205 28 18 | | |
| | 205 28 18 | | |
| | 205 28 16 | | |
| | 205 28 20 | | |
| | 205 28 14 | | |
| | 205 28 18 | | |
| | 205 28 20 | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 345 | 158 30 18<br>158 30 18<br>158 30 20<br>158 30 18<br>158 30 24<br>158 30 24<br>158 30 20<br>158 30 18 | 158 30 20 | ± 00 00 02.62 |
| 45C | 180 24 02<br>180 24 04<br>180 24 02<br>180 24 06<br>180 24 06<br>180 24 04<br>180 24 06<br>180 24 02 | 180 24 04 | ± 00 00 01.55 |
| 5CD | 27 27 16<br>27 27 12<br>27 27 12<br>27 27 14<br>27 27 16<br>27 27 12<br>27 27 16<br>27 27 14 | 27 27 14 | ± 00 00 01.85 |

Table 1.5 Final Angle observations

| Backsight | Occupied | Foresight | Mean Angle | Standard Deviation |
|---|---|---|---|---|
| | | | º ´ ´´ | S(sec) |
| A | B | 1 | 86 02 04 | ±3 |
| B | 1 | 2 | 218 38 32 | ± 2.55 |
| 1 | 2 | 3 | 137 50 48 | ± 2.69 |
| 2 | 3 | 4 | 205 28 18 | ± 1.92 |
| 3 | 4 | 5 | 158 30 20 | ± 2.62 |
| 4 | 5 | C | 180 24 04 | ± 1.55 |
| 5 | C | D | 27 27 14 | ± 1.85 |

**(1-1-1)Azimuth Calculations:**

$$AzAB = \tan^{-1}(\frac{YB - YA}{XB - XA}).....1.5$$

$$AzAB = \tan^{-1}(\frac{158016.75 - 157838.10}{110084.18 - 107104.97})$$

$$AzAB = 03^{0}25'54''$$

$$AzBA = 183^{0}25'54''$$

$$AzCD = \tan^{-1}(\frac{YD - YC}{XD - XC}) = \tan^{-1}(\frac{159200.00 - 156481.44}{108772.02 - 110204.64})$$

$$AzCD = 117^{0}47'18''$$

Table 1.6 Azimuth Computations

| | | ± ¯(sec) | Estimated error in Az (sec) |
|---|---|---|---|
| Az AB | 03 25 54 | | |
| | + 180 00 00 | | |
| Az BA | 183 25 54 | | |
| +>B | + 86 02 04 | | |
| Az B1 | 269 27 58 | ±3 | $\sqrt{(0)^2+(3)^2}=\pm3$ |
| | - 180 00 00 | | |
| Az 1B | 89 27 58 | | |
| +>1 | + 218 38 32 | | |
| Az 12 | 308 06 30 | ±2.55 | $\sqrt{(3)^2+(2.55)^2}=\pm3.94$ |
| | - 180 00 00 | | |
| Az 21 | 128 06 30 | | |
| +>2 | + 137 50 48 | | |
| Az 23 | 265 57 18 | ±2.69 | $\sqrt{(3.94)^2+(2.69)^2}=\pm4.77$ |
| | - 180 00 00 | | |
| Az 32 | 85 57 18 | | |
| +>3 | + 205 28 18 | | |
| Az34 | 291 25 36 | ±1.92 | $\sqrt{(4.77)^2+(1.92)^2}=\pm5.14$ |
| | - 180 00 00 | | |
| Az 43 | 111 25 36 | | |
| +>4 | + 158 30 20 | | |
| Az 45 | 269 55 56 | ±2.62 | $\sqrt{(5.14)^2+(2.62)^2}=\pm5.77$ |
| | -180 00 00 | | |
| Az 54 | 89 55 56 | | |
| +>5 | +180 24 04 | | |
| Az 5C | 270 20 00 | ±1.55 | $\sqrt{(5.77)^2+(1.55)^2}=\pm5.97$ |
| | -180 00 00 | | |
| Az C5 | 90º 20 00 | | |
| +>C | 27º 27 14 | | |
| AzCD | 117º 47 14 | ±1.85 | $\sqrt{(5.97)^2+(1.85)^2}=\pm6.25$ |

The difference between the azimuth computed for course CD (117º 47´ 14´´) and its actual value (117º 47´ 18´´) is 4 sec by applying the following equation:

$$S_A = \sqrt{S_{B1}^2 + S_{B2}^2 + ..... + S_{Bn}^2} .....1.6$$

*Where* :
$S_A$: standard deviation of a sum .
$S_{B1}$.....$S_{Bn}$: the standard error .

We get that the estimated standard error in the difference is:
$\sqrt{(6.25)^2 + (0)^2} = \pm 6.25''$
And thus there is no reason to assume that the angles contain blunders.

**(1-1-2) Distribution of the angular error :**

The distribution is follow the equation:
$C_{\sim ij} = +i(\in_{\sim} / n).....A.7$
*where* :
$C_{\sim ij}$: :: *Azimuth..correction.. for..the..course..ij*
$i$ : .*Course..No.*
$n$ : *No..of ..angelse*
$\in_{\sim}$ : *misclous..error*.
*and..we..applied ..thies..equation..as.. following* :

$C_{\sim B1} = 1 \times (4 \div 7) = .057'' \approx 1''$
$C_{\sim 12} = 2 \times (4 \div 7) = 1.14'' \approx 1''$
$C_{\sim 23} = 3 \times (4 \div 7) = 1.71'' \approx 2.0''$
$C_{\sim 34} = 4 \times (4 \div 7) = 2.28'' \approx 2''$
$C_{\sim 45} = 5 \times (4 \div 7) = 2.86'' \approx 3''$
$C_{\sim 5C} = 6 \times (4 \div 7) = 3.42'' \approx 3''$
$C_{\sim CD} = 7 \times (4 \div 7) = 4''$

Table 1.7 Corrected Azimuths

| Course ij | Azimuth αij | Correction Cαij | Corrected Azimuth |
|---|---|---|---|
| | º ´ ´´ | ´´ | º ´ ´´ |
| B1 | 269 27 58 | 1 | 269 27 59 |
| 12 | 308 06 30 | 1 | 308 06 31 |
| 23 | 265 57 18 | 2 | 265 57 20 |
| 34 | 291 25 36 | 2 | 291 25 38 |
| 45 | 269 55 56 | 3 | 269 55 59 |
| 5C | 270 20 00 | 3 | 270 20 03 |
| CD | 117 47 14 | 4 | 117 47 18 |

**1-2 linear Misclouser**

Calculation of departure and latitude using the following equations:

$$Dep_{AB} = \overline{AB} \times \cos AzAB \text{.....1.8}$$
$$Lat_{AB} = \overline{AB} \times \sin AzAB \text{.....1.9}$$

Sample of Calculations:

$$Dep_{B1} = 322.057 \times \cos 269^0 27' 59'' = -3.00m$$
$$Lat_{B1} = 322.057 \times \sin 269^0 27' 59'' = -322.04m$$

Table 1.8 Departure and latitude of courses

| Course | Departure | Latitude |
|---|---|---|
| B1 | -3.00 | -322.04 |
| 12 | 71.76 | -91.50 |
| 23 | -9.38 | -132.63 |
| 34 | 60.74 | -154.79 |
| 45 | -0.77 | -651.69 |
| 5C | 1.07 | -182.68 |
| ∑ | 120.42 | -1535.33 |

The total change in latitude for the traverse is -1535.33m ,and the total change in departure is 120.42 m .

From the control coordinates cumulative change in X and Y coordinates values:

$$\Delta X = X_C - X_B = 110204.64 - 110084.18 = 120.46m$$
$$\Delta Y = Y_C - Y_B = 156481.44 - 158016.75 = -1535.31m$$

The actual misclosure in departure and latitude are computed as:

$$\Delta Dep = \sum Dep - \Delta X = 120.42 - 120.46 = -0.04m$$
$$\Delta Lat = \sum Lat - \Delta Y = -1535.33 - (-1535.31) = -0.02m$$

Where:

ΔDep represent the misclosure in departure, and ΔLat represents the misclosure in latitude .Thus the linear misclosure for the traverse is:

$$LC = \sqrt{\Delta Dep^2 + \Delta Lat^2} = \sqrt{(-0.04)^2 + (-0.02)^2} = 0.045m$$

**(1-2-1)Preliminary Coordinates:**

We can calculate the preliminary coordinates by the following equations:

$$X_l = X_p + Dep_{AB} \text{.....} 1.10$$
$$Y_l = Y_p + lat._{AB} \text{.....} 1.11$$

Where:

XL, Yl: the coordinate of the point.

Xp, Yp: the coordinates of the previous point.

**Sample Of Calculation:**

$$X_1 = 11084.18 + -3.00 = 110081.18$$
$$Y1 = 158016.75 + -322.04 = 157694.71$$

The coordinates of the stations of traverse in the table below:

Table 1.9 Preliminary Coordinates of the traverse.

| Station | Coordinates | |
|---|---|---|
| | X | Y |
| 1 | 110081.18 | 157694.71 |
| 2 | 110152.95 | 157603.21 |
| 3 | 110143.57 | 157470.58 |
| 4 | 110204.31 | 157315.79 |
| 5 | 110203.54 | 156664.10 |
| C | 110204.60 | 156481.42 |

**1-2-2 Expected Misclosure for the travers**

We use the following equations:

$$\sum_{LC} = J_{lc} \times \sum_{Lat.Dep} \times J_{lc}^{T} \text{.....1.12}$$

$$\sum_{Lat.dep} = J_{lat.dep} \times \sum_{xx} \times J^{T}{}_{lat.dep} \text{.....1.13}$$

Where:

∑lc: Single element covariance matrix.

J: jacobian matrix.

∑lat.dep: Covariance matrix.

∑xx: Variance covariance matrix.

To calculate the error propagated in latitude and departure of lines B1, 12, 23, 34, 45 and 5C we have to form the observation equations:

$Lat_{B1} = DB1 \times \sin AzB1$.....(1)
$Dep_{B1} = DB1 \times \cos AzB1$.....(2)
$Lat_{12} = D12 \times \sin Az12$.....(3)
$Dep_{12} = D12 \times \cos Az12$.....(4)
$Lat_{23} = D23 \times \sin Az23$.....(5)
$Dep_{23} = D23 \times \cos Az23$.....(6)
$Lat_{34} = D34 \times \sin Az34$.....(7)
$Dep_{34} = D34 \times \cos Az34$.....(8)
$Lat_{45} = D45 \times \sin Az45$.....(9)
$Dep_{45} = D45 \times \cos Az45$.....(10)
$Lat_{5C} = D5C \times \sin Az5C$.....(11)
$Dep_{5C} = D5C \times \cos Az5C$.....(12)

The jacobian matrix of the partial derivatives for the above observation equations with respect to the distance and azimuth measurements.

$$J = \begin{bmatrix}
\frac{\partial latB1}{\partial DB1} & \frac{\partial latB1}{\partial AzB1} & \frac{\partial latB1}{\partial D12} & \frac{\partial latB1}{\partial Az12} & \frac{\partial latB1}{\partial D23} & \frac{\partial latB1}{\partial Az\,23} & \frac{\partial latB1}{\partial D34} & \frac{\partial latB1}{\partial Az\,34} & \frac{\partial latB1}{\partial D45} & \frac{\partial latB1}{Az\,45} & \frac{\partial latB1}{\partial D5C} & \frac{\partial latB1}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial DepB1}{\partial DB1} & \frac{\partial DepB1}{\partial AzB1} & \frac{\partial DepB1}{\partial D12} & \frac{\partial DepB1}{\partial Az12} & \frac{\partial DepB1}{\partial D23} & \frac{\partial DepB1}{\partial Az\,23} & \frac{\partial DepB1}{\partial D34} & \frac{\partial DepB1}{\partial Az\,34} & \frac{\partial DepB1}{\partial D45} & \frac{\partial DepB1}{Az\,45} & \frac{\partial DepB1}{\partial D5C} & \frac{\partial DepB1}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Lat12}{\partial DB1} & \frac{\partial Lat12}{\partial AzB1} & \frac{\partial Lat12}{\partial D12} & \frac{\partial Lat12}{\partial Az12} & \frac{\partial Lat12}{\partial D23} & \frac{\partial Lat12}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Lat12}{\partial D34} & \frac{\partial Lat12}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Lat12}{\partial D45} & \frac{\partial Lat12}{Az\,45} & \frac{\partial Lat12}{\partial D5C} & \frac{\partial Lat12}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Bep12}{\partial DB1} & \frac{\partial Bep12}{\partial AzB1} & \frac{\partial Bep12}{\partial D12} & \frac{\partial Bep12}{\partial Az12} & \frac{\partial Bep12}{\partial D23} & \frac{\partial Bep12}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Bep12}{\partial D34} & \frac{\partial Bep12}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Bep12}{\partial D45} & \frac{\partial Bep12}{Az\,45} & \frac{\partial Bep12}{\partial D5C} & \frac{\partial Bep12}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Lat\,23}{\partial DB1} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial AzB1} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial D12} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial Az12} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial D23} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial D34} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial D45} & \frac{\partial Lat\,23}{Az\,45} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial D5C} & \frac{\partial Lat\,23}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Dep\,23}{\partial DB1} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial AzB1} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial D12} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial Az12} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial D23} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial D34} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial D45} & \frac{\partial Dep\,23}{Az\,45} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial D5C} & \frac{\partial Dep\,23}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Lat\,34}{\partial DB1} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial AzB1} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial D12} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial Az12} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial D23} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial D34} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial D45} & \frac{\partial Lat\,34}{Az\,45} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial D5C} & \frac{\partial Lat\,34}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Dep\,34}{\partial DB1} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial AzB1} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial D12} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial Az12} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial D23} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial D34} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial D45} & \frac{\partial Dep\,34}{Az\,45} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial D5C} & \frac{\partial Dep\,34}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Lat\,45}{\partial DB1} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial AzB1} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial D12} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial Az12} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial D23} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial D34} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial D45} & \frac{\partial Lat\,45}{Az\,45} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial D5C} & \frac{\partial Lat\,45}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Dep\,45}{\partial DB1} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial AzB1} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial D12} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial Az12} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial D23} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial D34} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial D45} & \frac{\partial Dep\,45}{Az\,45} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial D5C} & \frac{\partial Dep\,45}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Lat\,5C}{\partial DB1} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial AzB1} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial D12} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial Az12} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial D23} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial D34} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial D45} & \frac{\partial Lat\,5C}{Az\,45} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial D5C} & \frac{\partial Lat\,5C}{\partial Az\,5C} \\
\frac{\partial Dep\,5C}{\partial DB1} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial AzB1} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial D12} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial Az12} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial D23} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial Az\,23} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial D34} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial Az\,34} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial D45} & \frac{\partial Dep\,5C}{Az\,45} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial D5C} & \frac{\partial Dep\,5C}{\partial Az\,5C}
\end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} \cos Az(B1) & -DB1\sin Az(B1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ \sin Az(B1) & DB1\cos Az(B1) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \cos Az(12) & -D12\sin Az(12) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \sin Az(12) & D12\cos Az(12) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \cos Az(23) & -D23\sin Az(23) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \sin Az(23) & D23\cos Az(23) & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos Az(34) & -D34\sin Az(34) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin Az(34) & D34\cos Az(34) & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos Az(45) & -D45\sin Az(45) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin Az(45) & D45\cos Az(45) & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \cos Az(5C) & -D45\sin Az(5C) \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \sin Az(5C) & D5C\cos Az(5C) \end{bmatrix}$$

$$J = \begin{bmatrix} -0.00932 & 322.04302 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.99996 & -3.00092 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.61715 & 91.49751 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.78685 & 71.76471 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.07054 & 132.62879 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.99751 & -9.37899 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.36531 & 154.78771 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.93089 & 60.74376 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.00118 & 651.27954 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.99999 & -0.77091 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.00582 & 182.67891 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.99998 & 1.06279 \end{bmatrix}$$

$$\sum xx = \begin{bmatrix} \pm_{B1}^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{AzB\ 1}{}\circ)^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \pm_{12}^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{A12}{}\circ)^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \pm_{23}^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{Az\ 23}{}\circ)^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pm_{34}^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{Az\ 34}{}\circ)^{2} & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pm_{45}^{2} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{Az\ 45}{}\circ)^{2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \pm_{5C}^{2} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & (\frac{\pm}{\circ}\frac{Az\ 5C}{}\circ)^{2} \end{bmatrix}$$

$$\sum xx = \begin{bmatrix}
0.0000034 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 2.115*10^{-10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0.00000034 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 3.65*10^{-10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000023 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 5.35*10^{-10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.000002 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 6.21*10^{-10} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000023 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 7.82*10^{-10} & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0000032 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 8.38*10^{-10}
\end{bmatrix}$$

$$\sum lat.dep = 1.0e-003 * \begin{bmatrix} 0.0098 & -0.0001 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -0.0001 & 0.0040 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0.0015 & -0.0020 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -0.0019 & 0.0025 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0050 & -0.0003 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & -0.0003 & 0.0001 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0095 & 0.0022 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0022 & 0.0049 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.1992 & -0.0002 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -0.0002 & 0.0040 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0188 & 0.0001 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0.0001 & 0.0040 \end{bmatrix}$$

$$Jlc = \begin{bmatrix} \frac{\Delta lat}{lc} & \frac{\Delta dep}{lc} & \cdots & \frac{\Delta lat}{lc} & \frac{\Delta dep}{lc} \end{bmatrix}$$

$$Jlc = \begin{bmatrix} -1.23762 & -0.49505 & -1.23762 & -0.49505 & -1.23762 & -0.49505 & -1.23762 & -0.49505 & -1.23762 & -0.49505 & -1.23762 & -0.49505 \end{bmatrix}$$

$$\sum lc = \begin{bmatrix} 3.7788e-004 \end{bmatrix}$$

From the result (lc=[3.7788e-004]) and using a t value from the table of critical values for t distribution for 3 degrees of freedom , the estimated linear misclosure is :

$$\pm_{95\%} = 3.183 \times \sqrt{3.7788 \times 10^{-4}} = 0.0618m$$

Because the actual misclosure of (0.045m) is less than the misclosure expected at the 95% level (0.0618m) , there is no reason to believe that the traverse measurements contain any blunder

$$\mathrm{Re}\,lative..error = \frac{lc(actual)}{\sum Dis\tan ce} .....1.14$$

$$\mathrm{Re}\,lative..error = \frac{0.045}{1571.952} = 1/34932.26667$$

So that the relative error for our traverse is acceptable for the second order .

**1-2-3The Distribution of linear misclouser in the coordinates**

Now we want to distribute the linear error for the X and Y coordinates for each points in the traverse using the two equation :

$$C_{Xi} = (\frac{£_X}{D}) \times L_i .....1.15$$

$$C_{Yi} = (\frac{£_Y}{D}) \times L_I .....1.16$$

**Where,**

$C_{Xi}$ and $C_{Yi}$ is the correction in X,Y coordinates for the point i .

$\in$x : Linear misclouser in X coordinates .

$\in$y : Linear misclouser in Y coordinates .

D: The summation of the length of all lines that entries in the coordinate computations.

Li : The cumulative summation for the length of lines of the traverse at the station i.

**Sample of calculation:**

$$C_{X1} = -(\frac{-0.04}{322.057}) \times 1571.952 = 0.008m$$

$$C_{Y1} = -(\frac{-0.02}{322.057}) \times 1571.952 = 0.004m$$

$$X_{Final} = 110081.18 + 0.008 = 110081.188m$$

$$Y_{Final} = 157694.71 + 0.004 = 157694.714m$$

Table 1.10 Corrected Coordinates

| Station | Cumulative Distance | X-Coordinates | | | Y-Coordinates | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Li (m) | Xi (m) initial | Correction Cxi (m) | Final X_Coord | Yi (m) initial | Correction Cyi(m) | Final Y_Coord |
| B | 000.000 | 110084.18 | 0.000 | 110084.18 | 158016.75 | 0.000 | 158016.75 |
| 1 | 322.057 | 110081.18 | 0.008 | 110081.188 | 157694.71 | 0.004 | 157694.714 |
| 2 | 438.341 | 110152.95 | 0.011 | 110152.961 | 157603.21 | 0.006 | 157603.216 |
| 3 | 571.301 | 110143.57 | 0.015 | 110143.585 | 157470.58 | 0.007 | 157470.587 |
| 4 | 737.581 | 110204.31 | 0.019 | 110204.329 | 157315.79 | 0.009 | 157315.799 |
| 5 | 1389.27 | 110203.54 | 0.035 | 110203.575 | 156664.10 | 0.018 | 156664.118 |
| C | 1571.952 | 110204.60 | 0.040 | 110204.64 | 156481.42 | 0.020 | 156481.44 |

Now we obtain the final correct coordinates for all points of the traverse, and so we can depend on our traverse to find the coordinate of any point of our project (if we have distances & angels) .

# ملحق رقم (٣)

## حساب المنحنيات الرأسية

**المنحنى الأول ( لوحة رقم (١)):**

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

- إيجاد اقل مسافة للرؤية حسب المعادلة التالية :

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

V= ٥٠ km/h
p = 0.62 %

q = -5.02 %

T = 3 sec

F = 0.37

N = p – q

= 0.0062 –(-0.05) = 0.06

$S.D = (0.28)(50)(3) + (50)^2/ [254 ( 0.37 +0.06)]$

= 64.9 m

- إيجاد طول المنحنى حسب اقل مسافة للتوقف :

- Let L >S.D

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

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

$L = (0.06)*(64.9)^2 / [(2*1.20)^{0.5} + (2* 0.1)^{0.5}]^2$

= 63.1 m < S.D

لأن طول المنحنى أقل من مسافة الرؤية إذا نستخدم L<S.S.D .

- L<S.S.D

L= 2*64.9- (4) / (0.06) = 63 m < 64.9 m ok .

بما أن الطول 63 m أقل من مسافة التوقف، إذن هذا الطول يعتبر مناسبا لتحقيق مسافة الرؤية للتوقف وقد تم التصميم في هذا المنحنى على أساس أن طول المنحنى 63m.

Length of curve = ٦٣.٠٠ m

Reduce Level of A = ٩٩١.٤٠ m

Chainage of A = 0+ ١٠٣.٤٣ m

* L = 2l = 63.00

l= 63/2 = 31.5 m

* RL of A = 991.41

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

= 991.41 + $\left(\frac{31.5*0.62}{100}\right)$

= 991.61 m

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

= 991.61 - $\left(\frac{31.5*5.02}{100}\right)$

= 990.03 m

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

= (( 991.41+990.03)/2)

= 990.72 m

* CP = RL of P- RL of C

= 991.61 -990.72

= 0.89 m

* e= CP/2 = 0.89/2

e= 0.45 m OR

$$e= \left(\frac{P+q}{400}\right)*l = \left(\frac{0.62+5.02}{400}\right)*31.5 = 0.44 \text{ m}$$

لفرض أن طول الوتر الجزئي x=6.3 m

x= 6.3 , 12.6 , 18.9 , 25.2 , 31.5 .

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

$y= 0.00045\ x^2$

1- At Ch = 0+ 103.43

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 991.41 m

RL on Curve = 991.41 m

2- At Ch = ( 0+103.43+6.3) = 0+ 109.73

x unit = 1

y offset = $0.00045\ x^2 = 0.00045 * 6.3^2 = 0.0179$ m

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

= 991.41 + (0.62 %)*(6.3)

= 991.45 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 991.45 -0.0179

= 991.43 m

و نعمل نفس الطريقة لكل الأوتار المتبقية على (Tangent p)

و الآن نوضح بعض الحسابات على (Tangent q)

At Ch = 0+166.43

x unit = 0

y offset = 0

RL on Tangent = 990.03m

RL on Curve = 990.03 m

At Ch = 0+166.43-6.3 = 0+160.13

x unit = 1 ,

y offset = $0.00045\ x^2 = 0.00045 * 6.3^2 = 0.0179$ m

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

= 990.03 + (5.02 %)*(6.3)

= 990.35 m

RL on Curve = RL on Tangent – y

= 990.35 -0.0179

= 990.33 m

و نكمل بنفس الطريقة لباقي الأوتار المتبقية على هذا **المماس، و الجدول التالي** يبين الحسابات التي تمت و على المماسين(p an q):

| Chainage (m) | x unit | y offset (m) | RL on Tangent (m) | RL on Curve (m) |
|---|---|---|---|---|
| 0+103.43 | 0 | 0.000 | 991.41 | ٩٩١.٤١ |
| 0+109.73 | 1 | ٠.٠١٧٩ | 991.45 | 991.43 |
| 0+116.03 | 2 | ٠.٠٧١٤ | ٩٩١.٤٩ | ٩٩١.٤٢ |
| 0+122.33 | 3 | ٠.١٦١٠ | ٩٩١.٥٢ | ٩٩١.٣٦٦ |
| 0+128.63 | 4 | ٠.٢٨٦ | 991.57 | 991.30 |
| 0+166.43 | 0 | 0 | 990.03 | 990.03 |
| 0+160.13 | 1 | 0.0178 | 990.35 | ٩٩٠.٣٣ |
| 0+153.83 | ٢ | 0.0714 | ٩٩٠.٦٦ | ٩٩٠.٦٠ |
| 0+147.53 | 3 | 0.161 | 990.98 | 990.82 |
| 0+141.23 | 4 | 0.286 | 991.30 | 991.01 |
| 0+134.93 | 5 | 0.447 | 991.61 | 991.16 |

**إيجاد منسوب و موقع أعلى نقطة على المنحنى**

$$x= \left(\frac{p*L}{p+q}\right) = \left(\frac{0.62*63}{0.62+5.02}\right) = 7 \text{ m}$$

إذن، موقع أعلى نقطة من المنحنى الرأسي يبعد 7m عن نقطة التماس الأولى A و تبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار

x= 63-7= 56 m .

منسوب أعلى نقطة على المماس

Reduce Level of high point on the Tangent:

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

= ٩٩١.٤١ + ( ٥.٠٢ %)*(56)

= 994.22 m

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

$$e\left(\frac{x}{l}\right)^2 \qquad 0.45*\left(\frac{56}{31.5}\right)^2$$

y= = = 1.42 m

Reduce Level of High point on the Curve

= RL on Tangent – y

= 994.22 – 1.42 = 992.8 m

## المنحنى الثاني لوحة رقم (١ ):

المنحنى عبارة عن منحنى قاع وسيتم التصميم على **أساس** راحة المسافرين( comfort of passenger ):

$$\mathbf{L = 2*[ N V^3/C]^{0.5}}$$

Where:

V: السرعة التصميميةم/ث

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

N : زاوية انحراف المماسين

Solution:

p= -5.02%

q = -0.59%

V = 50 km/h = 50/3.6 = 13.9 m/sec

N = -5.02+0.59

= 0.0443

$L = 2 * [ (N* V^3) / C]^{0.5}$

$= 2 * [ (0.0443)*(13.9)^3 / (٠.٦)]^{0.5}$

= 28.2 m

- التحقق من أن طول المنحنى اقل من (maximum impact factor) المسموح بها ويساوي ١٧%

I max = [(200 * N * V2) / (g*L)] %

= (200 * ٠.٠٤٤٣ * (١٣.٩)$^2$) / (9.8 * 28.2)

= 6.2 % < 17%

- Head light sight distance .

t = 2.5 sec , $f$ = 0.37 .

$$S.S.D = 13.9*2.5 + \frac{13.9^2}{2*9.8*0.37} = 61.40m .$$

If L > SSD

$$L = \frac{0.0443*61.4^2}{(1.5+0.035*61.4)} = 45.8m \text{ No .}$$

now if L < SSD

$$L = 2*61.4 - \frac{(1.5+0.035*61.4)}{0.0443} = 40.4m < 61.40m \text{ ok .}$$

سيتم التصميم في هذا المنحنى على أن طول المنحنى 100 m.

$$I_{MAX} = \frac{200*0.0443*13.9^2}{9.8*100} = 1.75\%$$

بما أن ١.٧٥ % أقل من ١٧ % وهو الحد المسموح به اذا طول المنحنى يحقق راحة المسافرين.

Length of the Curve = 100 m

Reduce Level of A = 987.07

Chainege of A = 0+ 225.38

L = 2*l = 100

l = 100/2 = 50m

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

$$RLofP = 987.07 - \left(\frac{50*5.02}{100}\right)$$

RL of P = 984.56 m

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

$$RLofB = 984.56 - \left(\frac{50*0.59}{100}\right)$$

RL of B = 984.85 m

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

= ((987.07 + 984.85)/2)

= 985.96 m

CP = RL of C – RL of P

= 985.96 – 984.56

= 1.4 m

e = CP/2

= 1.4/2 = 0.70

OR…

$$e = \left(\frac{(p-q)}{400}\right)*l = \left(\frac{(5.02-0.59)}{400}\right)*50$$

e= 0.7 m

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

$$= \quad 0.70*\left(\frac{x^2}{50^2}\right) \qquad \blacktriangleright\ y = 0.00028x^2$$

لنأخذ الأوتار الجزئية مساوية ل x = 10

x= 10 , 20 , 30 , 40,50 .

1- at Ch 0+225.38

x unit = 0

y offset = $0.00028\ x^2$ = (0.00028*0) = 0

RL on Tangent = 987.07 m

RL on Curve = 987.07 m

2- at Ch (0+ 225.38 + 10) = 235.38 m

x unit =1

y offset = $0.00028\ x^2$ = 0.00028(10*10) = 0.03 m

RL on Tangent = RL of A - $\left(\frac{p}{100}\right)x$

= 987.07 - ((5.02/100)*10)

= 986.57 m

RL on Curve = RL on Tangent + y

= 986.57+ 0.03

= 986.60 m

We do the same for x = 20 , x = 30 , x = 40, ..... etc .

و الجدول التالي يضم جميع النتائج المتعلقة بالمنحنى

| Chainage | x. | y. offset | RL on | RL on Curve |
|---|---|---|---|---|

| (m) | Unit | (m) | Tangent (m) | (m) |
|---|---|---|---|---|
| 0+225.38 | 0 | 0.000 | 987.07 | 987.07 |
| 0+235.38 | 1 | 0.030 | 986.57 | 986.60 |
| 0+245.38 | 2 | 0.110 | 986.07 | 986.18 |
| 0+255.38 | 3 | 0.250 | 985.56 | 985.81 |
| 0+265.38 | 4 | 0.450 | 985.06 | 985.51 |
| 0+275.38 | 5 | 0.700 | 984.56 | 985.16 |
| 0+325.38 | 0 | 0.000 | 984.85 | 984.85 |
| 0+315.38 | 1 | 0.030 | 984.80 | 984.83 |
| 0+305.38 | 2 | 0.110 | ٩٨٤.٧٣ | ٩٨٤.٨٤ |
| 0+295.38 | ٣ | ٠.٢٥٠ | ٩٨٤.٦٧ | ٩٨٤.٩٢ |
| 0+285.38 | ٤ | ٠.٤٥٠ | ٩٨٤.٦١ | ٩٨٥.٠٦ |
| 0+275.38 | ٥ | ٠.٧٠٠ | ٩٨٤.٥٦ | ٩٨٥.٢٦ |

**إيجاد منسوب و موقع أخفض نقطة على المنحنى**

$$x = \left(\frac{p*L}{p-q}\right) = \left(\frac{5.02*100}{5.02-0.59}\right)$$

$= 113.32m$

و هذه المسافة هي أكبر من طول المنحنى نفسه، لذلك نعتبر أخفض نقطة هي نقطة التماس الثانية B **و** منسوبها يساوي 984.85 m

.

## المنحنى الثالث لوحة رقم (٢):

المعطيات و الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| **RL of A (m)** | ٩٨٦.٠٤ |
| **V (km/h)** | ٥٠ |
| **Ch of A (Km+m)** | 0+526.51 |
| **p%** | ٠.٥٩ |
| **q%** | -8.92 |
| **Length of Curve** | ١٠٠ |
| **x (m)** | ١٠ |

الحسابات الكاملة في الجدول التالي :

| **Chianage (Km+m)** | **x unit** | **y offset (m)** | **RL on Tangent (m)** | **RL on Curve (m)** |
|---|---|---|---|---|
| 0+526.51 | 0 | 0 | 986.04 | 986.04 |
| 0+536.51 | 1 | 0.048 | 986.10 | 986.05 |
| 0+546.51 | 2 | 0.192 | 986.158 | 985.97 |
| 0+556.51 | 3 | 0.432 | 986.217 | 985.79 |
| 0+566.51 | 4 | 0.768 | 986.276 | 985.51 |
| 0+576.51 | 5 | 1.200 | 986.335 | 985.14 |
| 0+626.51 | 0 | 0.000 | 981.87 | 981.87 |
| 0+616.51 | 1 | 0.048 | 982.76 | 982.71 |
| 0+606.51 | 2 | 0.192 | 983.65 | 983.50 |
| 0+596.51 | 3 | 0.432 | 984.55 | 984.11 |
| 0+586.51 | 4 | 0.768 | 985.44 | 984.67 |
| 0+576.51 | 5 | 1.200 | 986.33 | 985.13 |

موقع و منسوب أعلى نقطة على المماس و المنحنى في الجدول التالي:

$$X = \left( \frac{P * L}{P + q} \right) = \frac{0.59 * 100}{0.59 + 8.92} = 6.2m$$

موقع أعلى نقطة على المنحنى تبعد ٦.٢م عن نقطة التماس الأولى (A) وتبعد عن نقطة التماس الثانية بمقدار

x = 100-6.2 = 93.8m

منسوب أعلى نقطة على المماس.

$$R_L \ on \ Tangent = R_L \ of \ \ A + ( P\%) * X$$

$$= 986.04 + ( 0.59 \% ) * 93.8$$

$$= 986.60 \ \ m .$$

## المنحنى الرابع لوحة رقم (٥):

لحساب طول منحنى القاع:

1) *comfort condition* :

$$L = 2 * \left( \frac{N * V^3}{C} \right)^{0.5} = 2 * \left( \frac{0.0553 * 13.9^3}{0.6} \right)^{0.5} = 31.5 \, m$$

$$\text{Maximum impact factor Imax } \% = \frac{200 * N * V^2}{g * L}$$

$$I_{MAX} = \frac{200 * 0.0553 * 13.9^2}{9.8 * 31.5} = 6.92\%$$

2) Head light .

$$S.S.D = 13.9 * 2.5 + \frac{13.9^2}{2 * 9.8 * 0.37} = 61.4\ m$$

$$If\ \ L > S.S.D$$

$$L = \frac{0.0553 * 61.4^2}{(1.5 + 0.035 * 61.4)} = 57.13 < S.S.D\ \ No.$$

$$if\ \ L < S.S.D$$

$$L = 2 * 61.4 - \frac{(1.5 + 0.035 * 61.4)}{0.0553} = 57\,m \quad Ok$$

$$I_{MAX} = \frac{200 * 0.0553 * 13.9^2}{9.8 * 57} = 3.8\ \% < 17\ \%\ Ok$$

المعطيات و بعض الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| **RL of A (m)** | 922.51 |
| **V (km/h)** | 50 |
| **Ch of A (Km+m)** | 1+291.61 |
| **p%** | -8.92 |
| **q%** | -3.39 |
| **Length of Curve** | 57 |
| **x (m)** | 5.7 |

الحسابات الكاملة في الجدول التالي:

| Chainage (Km+m) | x unit | y offset (m) | RL on Tangent (m) | RL on Curve (m) |
|---|---|---|---|---|
| ١+٢٩١.٦١ | 0 | 0.000 | ٩٢٢.٥١ | ٩٢٢.٥١ |
| ١+٢٩٧.٣١ | 1 | ٠.٠٢٠ | 922.00 | 922.02 |
| 1+303.01 | 2 | 0.064 | 921.50 | 921.56 |
| 1+308.71 | 3 | 0.143 | 920.98 | 921.12 |
| 1+314.41 | 4 | 0.255 | 920.50 | 920.76 |
| 1+320.11 | 5 | 0.390 | 919.97 | 920.36 |
| 1+348.61 | 0 | 0.000 | 919.00 | 919.00 |
| 1+342.91 | 1 | 0.020 | 919.20 | 919.22 |
| 1+337.21 | 2 | 0.064 | 919.40 | 919.46 |
| 1+331.51 | 3 | 0.143 | 919.58 | 919.72 |
| 1+325.81 | 4 | 0.255 | 919.77 | 920.03 |
| 1+320.11 | 5 | 0.390 | 919.97 | 920.36 |

موقع و منسوب أخفض نقطة على المماس و المنحنى كما يلي:

$$X = \frac{P * L}{P - q} = \frac{8.92 * 28.5}{8.92 - 3.39} = 45.97\,m$$

وهذه المسافة أقل من طول المنحنى لذلك نجد المنسوب عند هذه النقطة:

Ch 1+291.61+45.97=1+337.58m

$y=0.00049*(57-45.97)^2$

$= 0.06$ m

RL On Tangent = RL Of P – (q/100) * X

=919.91-(3.39/100)*11.03

= 919.60 m

RL On Curve = 919.60+0.06 = 919.66 m

# ملحق رقم ٢

## حساب المنحنيات الأفقية

**المنحنى الأول لوحة رقم (٢) :**

المعطيات و الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى (م) | 100 |
| زاوية تقاطع المماسين | 23 45 35 |
| طول المنحنى (م ) | 41.47 |
| طول المماس | 21.037 |
| التعلية (م) | 0.10 |
| معامل الاحتكاك الجانبي | 0.01 |
| السرعة (كم/ساعة) | 50 |
| الإزاحة (م) | 0.73 |
| التوسعة على المنحنى (م) | 1.30 |
| طول المنحنى المتدرج (م) | 41.86 |
| طول المنحنى الدائري (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيسر c1 (م) | 0.66 |
| الوتر الجزئي الأوسط في المتدرج الأيسر c (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الثاني في المتدرج الأيسر c2 (م) | 1.20 |
| الوتر الجزئي الأول في المنحنى الدائري c1’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأوسط في المنحنى الدائري c’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الثاني في المنحنى الدائري c2’(م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c1’’ (م) | 0.80 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c’’ (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c2’’ (م) | 1.06 |

**المنحنى المتدرج الأيسر:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_0$ | 0.0 | 0.0 | 389.34 | 00 00 00 |
| 1 | 0.66 | 0.66 | 390 | 00 00 04 |
| 2 | 2 | 2.66 | 392 | 00 00 58 |
| 3 | 2 | 4.66 | 394 | 00 02 58 |
| 4 | 2 | 6.66 | 396 | 00 06 04 |
| 5 | 2 | 8.66 | 398 | 00 10 16 |
| 6 | 2 | 10.66 | 400 | 00 15 33 |
| 7 | 2 | 12.66 | 402 | 00 21 56 |
| 8 | 2 | 14.66 | 404 | 00 29 25 |
| 9 | 2 | 16.66 | 406 | 00 38 00 |
| 10 | 2 | 18.66 | 408 | 00 47 40 |
| 11 | 2 | 20.66 | 410 | 00 58 26 |
| 12 | 2 | 22.66 | 412 | 01 10 18 |
| 13 | 2 | 24.66 | 414 | 01 23 15 |
| 14 | 2 | 26.66 | 416 | 01 37 18 |
| 15 | 2 | 28.66 | 418 | 01 52 27 |
| 16 | 2 | 30.66 | 420 | 02 08 41 |
| 17 | 2 | 32.66 | 422 | 02 26 02 |
| 18 | 2 | 34.66 | 424 | 02 44 28 |
| 19 | 2 | 36.66 | 426 | 03 03 59 |
| 20 | 2 | 38.66 | 428 | 03 24 37 |
| 21 | 2 | 40.66 | 430 | 03 46 20 |
| T1 | 1.20 | 41.86 | 431.20 | 03 59 52 |

**المنحنى المتدرج الأيمن:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total Deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.8 | 0.8 | 432 | 00 00 05 |
| 2 | 2 | 2.8 | 434 | 00 01 04 |
| 3 | 2 | 4.8 | 436 | 00 03 09 |
| 4 | 2 | 6.8 | 438 | 00 06 20 |
| 5 | 2 | 8.8 | 440 | 00 10 36 |
| 6 | 2 | 10.8 | 442 | 00 15 58 |
| 7 | 2 | 12.8 | 444 | 00 22 26 |
| 8 | 2 | 14.8 | 446 | 00 29 59 |
| 9 | 2 | 16.8 | 448 | 00 38 38 |
| 10 | 2 | 18.8 | 450 | 00 48 23 |
| 11 | 2 | 20.8 | 452 | 00 59 14 |
| 12 | 2 | 22.8 | 454 | 01 11 10 |
| 13 | 2 | 24.8 | 456 | 01 24 12 |
| 14 | 2 | 26.8 | 458 | 01 38 20 |
| 15 | 2 | 28.8 | 460 | 01 53 33 |
| 16 | 2 | 30.8 | 462 | 02 09 52 |
| 17 | 2 | 32.8 | 464 | 02 27 17 |
| 18 | 2 | 34.8 | 466 | 02 45 48 |
| 19 | 2 | 36.8 | 468 | 03 05 24 |
| 20 | 2 | 38.8 | 470 | 03 26 06 |
| 21 | 2 | 40.8 | 472 | 03 47 53 |
| T3 | 1.06 | 41.86 | 473.06 | 03 59 52 |

## المنحنى الثاني ( لوحة رقم٢):

المعطيات و الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى (م) | 100 |
| زاوية تقاطع المماسين | 17 21 48 |
| طول المنحنى (م ) | 30.30 |
| طول المماس | 15.70 |
| التعلية (م) | 0.10 |
| معامل الاحتكاك الجانبي | 0.01 |
| السرعة (كم/ساعة) | 50 |
| الإزاحة (م) | 0.73 |
| التوسعة على المنحنى (م) | 1.30 |
| طول المنحنى المتدرج (م) | 41.86 |
| طول المنحنى الدائري (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيسر c1 (م) | 0.37 |
| الوتر الجزئي الأوسط في المتدرج الأيسر c (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الثاني في المتدرج الأيسر c2 (م) | 1.49 |
| الوتر الجزئي الأول في المنحنى الدائري c1’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأوسط في المنحنى الدائري c’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الثاني في المنحنى الدائري c2’(م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c1’’ (م) | 0.51 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c’’ (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c2’’ (م) | 1.35 |

**المنحنى المتدرج الأيسر:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_0$ | 0.0 | 0.0 | 483.63 | 00 00 00 |
| 1 | 0.37 | 0.37 | 484 | 00 00 01 |
| 2 | 2 | 2.37 | 486 | 00 00 46 |
| 3 | 2 | 4.37 | 488 | 00 02 38 |
| 4 | 2 | 6.37 | 490 | 00 05 34 |
| 5 | 2 | 8.37 | 492 | 00 09 34 |
| 6 | 2 | 10.37 | 494 | 00 14 44 |
| 7 | 2 | 12.37 | 496 | 00 20 56 |
| 8 | 2 | 14.37 | 498 | 00 28 16 |
| 9 | 2 | 16.37 | 500 | 00 36 42 |
| 10 | 2 | 18.37 | 502 | 00 46 12 |
| 11 | 2 | 20.37 | 504 | 00 56 48 |
| 12 | 2 | 22.37 | 506 | 01 08 30 |
| 13 | 2 | 24.37 | 508 | 01 21 18 |
| 14 | 2 | 26.37 | 510 | 01 35 12 |
| 15 | 2 | 28.37 | 512 | 01 50 12 |
| 16 | 2 | 30.37 | 514 | 02 06 16 |
| 17 | 2 | 32.37 | 516 | 02 23 26 |
| 18 | 2 | 34.37 | 518 | 02 41 44 |
| 19 | 2 | 36.37 | 520 | 03 01 06 |
| 20 | 2 | 38.37 | 522 | 03 21 33 |
| 21 | 2 | 40.37 | 524 | 03 43 06 |
| T1 | 1.49 | 41.86 | 525.49 | 03 59 52 |

**المنحنى المتدرج الأيمن:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total Deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0.51 | 0.51 | 526 | 00 00 02 |
| 2 | 2 | 2.51 | 528 | 00 00 52 |
| 3 | 2 | 4.51 | 530 | 00 02 48 |
| 4 | 2 | 6.51 | 532 | 00 05 48 |
| 5 | 2 | 8.51 | 534 | 00 09 55 |
| 6 | 2 | 10.51 | 536 | 00 15 07 |
| 7 | 2 | 12.51 | 538 | 00 21 26 |
| 8 | 2 | 14.51 | 540 | 00 28 50 |
| 9 | 2 | 16.51 | 542 | 00 37 20 |
| 10 | 2 | 18.51 | 544 | 00 46 54 |
| 11 | 2 | 20.51 | 546 | 00 57 36 |
| 12 | 2 | 22.51 | 548 | 01 09 22 |
| 13 | 2 | 24.51 | 550 | 01 22 14 |
| 14 | 2 | 26.51 | 552 | 01 36 14 |
| 15 | 2 | 28.51 | 554 | 01 51 16 |
| 16 | 2 | 30.51 | 556 | 02 07 26 |
| 17 | 2 | 32.51 | 558 | 02 24 42 |
| 18 | 2 | 34.51 | 560 | 02 43 02 |
| 19 | 2 | 36.51 | 562 | 03 02 2 |
| 20 | 2 | 38.51 | 564 | 03 23 01 |
| 21 | 2 | 40.51 | 566 | 03 44 40 |
| 22 | 1.35 | 41.86 | 567.35 | 03 59 52 |

**المنحنى الثالث ( لوحة رقم2):**

**المعطيات:**

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى | R = 250 m |
| زاوية الانحراف | Δ = 18 33 17 |
| طول المنحنى | L = 80.96 m |
| طول المماس | T= 40.84 m |
| محطة نقطة القاطع | Ch of PI =0+664.79 km + m |

**أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e):**

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*250}$$

e= 0.044 less than e max.($e_{max}$=0.10)

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

$$W = \frac{4*6.1^2}{2*250} + \frac{50}{9.5*\sqrt{250}} = 0.63 \text{ m}$$

**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

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64 * 250} = 16.74 \text{ m}$$

**ثالثا: حساب الإزاحة ( S ):**

$$S = \frac{L^2}{24 * R} = \frac{16.74^2}{24 * 250} = 0.05 \text{ m}$$

**رابعا: طول المماس الكلي $PT_0$**

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

$= ( 250+0.05) \tan((18\ 33\ 17)/2) + (16.74/2)$

$= 49.22$ m

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

Chainage of $T_0$ = Chainage of P – Tangent Length

= 0+664.79 – 49.22

= 0+615.57 Km+ m

Chainage of $T_1$ = Chainage of $T_0$ + L

= 0+615.57 + 16.74

= 0+632.31 m

**سادسا: أطوال الأقواس الجزئية**

$R/40 = 250/ 40 = 6.25$

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 615.57 إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

$C_1 = 620-615.57 = 4.43$m

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 2 و بطول 5 m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 16.74-2*5-4.43 = 2.31$ m

So we have

$c_1 = 4.43$ m

$c = 5$ m

$c_2 = 2.31$ m

**سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ**

$$\delta = \left(\frac{1800}{\text{®} * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{\text{®} * 250 * 16.74}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ 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 | 615.57 | 00 00 00 |
| 1 | 4.43 | 4.43 | 620 | 00 01 04 |
| 2 | 5 | 9.43 | 625 | 00 08 18 |
| 3 | 5 | 14.43 | 630 | 00 22 24 |
| $T_1$ | 2.31 | 16.74 | 632.31 | 00 38 22 |

للتحقق من ذلك نحسب الزاوية

$$\text{¤}_{T1} = \frac{L}{2 * R} \quad \text{radian}$$

$= 16.74/(2*250) = 0.03348$ radian

$= 0.03348 * 180/3.1416 = 01\ 55\ 06$

$Ø_T = 3\ T_1$

$T_1 = Ø_T / 3 = 01\ 55\ 06/3 = 00\ 38\ 22$

**ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:**

أ- الزاوية المركزية للمنحنى $\theta'$

$\theta' = \theta - 2Ø = 18\ 33\ 17 - (2^*\ 01\ 55\ 06) = 14\ 43\ 05$

ب- طول المنحنى الدائري $L'$

$$L' = \frac{® * R * ¯}{180} = \frac{® * 250 * 14\,43\,05}{180}$$

$= 64.22$ m

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$R / 20 = 250/ 20 = 12.5$ m

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 12.5 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 632.31 m ، اذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$c_1' = 640\text{-}632.31 = 7.69$

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 10 m وعددها 5

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري $c_2'$ فطوله يساوي

$c_2' = 64.22\text{-}5^*10\text{-}7.69 = 6.53$ m

د- زوايا الانحراف الجزئية:

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

For $c_1' = 7.69$

$\delta' = 1718.87 *( 7.69/250) = 52.872$ min $= 00\ 52\ 52$

For $c' = 10$ m

$\delta' = 1718.87 *(10/250)/60 = 01\ 08\ 46$

For $c_2^{'} = 6.53$

$\delta^{'} = 1718.87 *( 6.53/250)/60 = 00\ 44\ 54$

و عليه نرتب الجدول التالي

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | 0.0 | 0.0 | 632.31 | 00 00 00 |
| 1 | 7.69 | 7.69 | 640 | 00 52 52 |
| 2 | 10 | 17.69 | 650 | 02 01 38 |
| 3 | 10 | 27.69 | 660 | 03 10 24 |
| 4 | 10 | 37.69 | 670 | 04 19 10 |
| 5 | 10 | 47.69 | 680 | 05 27 56 |
| 6 | 10 | 57.69 | 690 | 06 36 42 |
| $T_2$ | 6.53 | 64.22 | 696.53 | 07 21 36 |

**تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن**

أ- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 16.74 m

كما أن الإزاحة shift وطول المماس $PT_3$ هي نفسها أيضا أي

Tangent length $PT_3$ = 49.22 m

s = 0.05m

ب- محطة نقطة التماس $T_3$ وتساوي :

Chainage of $T_3$ = Chainage of $T_2$ + L

= 696.53+16.74 = 713.27 m

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 :

$c_1^{''} = 700-696.53 = 3.47$ m

أما الأقواس الجزئية الوسطى في المتدرج الأيمن فليكن طول كل منها مساويا 5m وعددها 2

أما طول الوتر الجزئي الأخير فيكون

$c_2^{"} = 16.74-2*5-3.47 = 3.27m$

د- زوايا الانحراف الجزئية :

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 250 * 16.74}\right) l^2$$

$\delta = 0.1369/60 * l^2$ Degree

و عليه نرتب الجدول التالي :

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ | 0.0 | 0.0 | 696.53 | 00 00 00 |
| 1 | 3.47 | 3.4 | 700 | 00 01 39 |
| 2 | 5 | 8.47 | 705 | 00 09 49 |
| 3 | 5 | 13.47 | 710 | 00 24 50 |
| $T_3$ | 3.27 | 16.74 | 713.27 | 00 38 22 |

## المنحنى الرابع ( لوحة رقم 3):

المعطيات و الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى (م) | 200 |
| زاوية تقاطع المماسين | 05 58 45 |
| طول المنحنى (م ) | 20.87 |
| طول المماس | 10.45 |
| التعلية (م) | 0.055 |
| معامل الاحتكاك الجانبي | / |
| السرعة (كم/ساعة) | 50 |
| الإزاحة (م) | 0.09 |
| التوسعة على المنحنى (م) | 0.74 |
| طول المنحنى المتدرج (م) | 20.93 |
| طول المنحنى الدائري (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيسر c1 (م) | 2.99 |
| الوتر الجزئي الأوسط في المتدرج الأيسر c (م) | 5 |
| الوتر الجزئي الثاني في المتدرج الأيسر c2 (م) | 2.94 |
| الوتر الجزئي الأول في المنحنى الدائري c1’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأوسط في المنحنى الدائري c’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الثاني في المنحنى الدائري c2’(م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c1’’ (م) | 2.06 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c’’ (م) | 5 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c2’’ (م) | 3.87 |

**المنحنى المتدرج الأيسر:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_0$ | 0.0 | 0.0 | 777.01 | 00 00 00 |
| 1 | 2.99 | 2.99 | 780 | 00 01 13 |
| 2 | 5 | 7.99 | 785 | 00 08 44 |
| 3 | 5 | 12.99 | 790 | 00 23 06 |
| 4 | 5 | 17.99 | 795 | 00 44 18 |
| T1 | 2.94 | 20.93 | 797.94 | 00 59 58 |

**المنحنى المتدرج الأيمن:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total Deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2.06 | 2.06 | 800 | 00 00 35 |
| 2 | 5 | 7.06 | 805 | 00 06 49 |
| 3 | 5 | 12.06 | 810 | 00 19 55 |
| 4 | 5 | 17.06 | 815 | 00 39 51 |
| T3 | 3.87 | 20.93 | 818.87 | 00 59 58 |

**المنحنى الخامس ( لوحة رقم٣ ):**

**المعطيات:**

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى | R = 150m |
| زاوية الانحراف | Δ = 14 45 33 |
| طول المنحنى | L = 38.64 m |
| طول المماس | T= 19.43 m |
| محطة نقطة القاطع | Ch of PI =930.02 km + m |

**أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e) :**

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*150}$$

e= 0.074 less than e max.($e_{max}$=0.10)

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

$$W = \frac{4*6.1^2}{2*150} + \frac{50}{9.5*\sqrt{150}} = 0.5 \text{ m}$$

**ثانيا: حساب عناصر المنحنى المتدرج الأمس:**

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

Where

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

Then

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64*150} = 27.91\text{m}$$

**ثالثا: حساب الإزاحة ( S ):**

$$S = \frac{L^2}{24*R} = \frac{27.91^2}{24*150} = 0.22\ \text{m}$$

**رابعا: طول المماس الكلي $PT_0$**

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

$= ( 150+0.22) \tan((14\ 45\ 33)/2) + (27.91/2)$

$= 33.41$ m

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

Chainage of $T_0$ = Chainage of P – Tangent Length

= 930.02+33.41

= 0+896.61 Km+ m

Chainage of $T_1$ = Chainage of $T_0$ + L

= 0+896.61+ 27.91

= 0+924.52 Km+m

**سادسا: أطوال الأقواس الجزئية**

$R/40 = 150/ 40 = 3.75$ m

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 896.61 m إذن لتكن محطة النقطة ١ مساوية ل :

$C_1 = 897-896.61 = 0.39$

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 9 و بطول 3m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 27.91-3*9-0.39 = 0.52$

So we have

$c_1 = 0.39$ m

$c = 3$ m

$c_2 = 0.52$ m

**سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ**

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 150 * 27.91}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ 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 | 896.61 | 00 00 00 |
| 1 | 0.39 | 0.39 | 897 | 00 00 01 |
| 2 | 3 | 3.39 | 900 | 00 01 34 |
| 3 | 3 | 6.39 | 903 | 00 05 35 |
| 4 | 3 | 9.39 | 906 | 00 12 04 |
| 5 | 3 | 12.39 | 909 | 00 21 01 |
| 6 | 3 | 15.39 | 912 | 00 32 25 |
| 7 | 3 | 18.39 | 915 | 00 46 18 |
| 8 | 3 | 21.39 | 918 | 01 02 38 |
| 9 | 3 | 24.39 | 921 | 01 21 26 |
| 10 | 3 | 27.39 | 924 | 01 42 42 |
| $T_1$ | 0.52 | 27.91 | 924.52 | 01 46 37 |

للتحقق من ذلك نحسب الزاوية

$$¤_{T1} = \frac{L}{2 * R} \quad \text{radian}$$

$= 27.91/(2*150) = 0.09303333$ radian

= 0.09303333 * 180/3.1416 = 05 19 50

$Ø_T = 3\ T_1$

$T_1 = Ø_T / 3 = 05\ 19\ 50/3 = 01\ 46\ 37$

**ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:**

ت- الزاوية المركزية للمنحنى $\theta'$

$\theta' = \theta - 2Ø = 14\ 45\ 33 - 2*(05\ 19\ 50) = 04\ 05\ 53 = 4.10$

ث- طول المنحنى الدائري $L'$

$$L' = \frac{® * R * ¯}{180} = \frac{® * 150 * 4.10}{180}$$

$= 10.73$ m

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$R / 20 = 150 / 20 = 7.5$ m

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 7.5 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 924.52 m ، اذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$c_1' = 925 - 924.52 = 0.48$ m

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 5 m و عددها 2

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري $c_2'$ فطوله يساوي

$c_2' = 10.73 - 5*2 - 0.48 = 0.26$ m

د- زوايا الانحراف الجزئية:

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

For $c_1' = 0.48$ m

$\delta' = 1718.87 *( 0.48/150)/60 = 00\ 05\ 30$

For $c' = 5$ m

$\delta' = 1718.87 *(5/150)/60 = 00\ 57\ 18$

For $c_2' = 0.26$ m

$\delta' = 1718.87 *( 0.26/150)/60 = 00\ 02\ 59$

و عليه نرتب الجدول التالي

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | 0.0 | 0.0 | 924.52 | 00 00 00 |
| 1 | 0.48 | 0.48 | 925 | 00 05 30 |
| 2 | 5 | 5.48 | 930 | 01 02 48 |
| 3 | 5 | 10.48 | 935 | 02 00 06 |
| $T_2$ | 0.26 | 10.74 | 935.26 | 02 03 05 |

**تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن**

ب- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 27.91 m

كما أن الإزاحة shift وطول المماس $PT_3$ هي نفسها أيضا أي

Tangent length $PT_3$ = 33.41 m

s = 0.22 m

ب- محطة نقطة التماس $T_3$ وتساوي :

Chainage of $T_3$ = Chainage of $T_2$ + L

= 935.26+27.91 = 963.17 m

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 :

$c_1^{"} = 937\text{-}935.26 = 1.74$ m

أما الأقواس الجزئية الوسطى في المتدرج الأيمن فليكن طول كل منها مساويا 3m **و**عددها 8

أما طول الوتر الجزئي الأخير فيكون

$c_2^{"} = 27.91\text{-}8*3\text{-}1.74 = 2.17$ m

**د-** زوايا الانحراف الجزئية :

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 150 * 27.91}\right) l^2$$

$\delta = 0..1369/60 * l^2$ Degree

و عليه نرتب الجدول التالي :

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ | 0.0 | 0.0 | 935.26 | 00 00 00 |
| 1 | 1.74 | 1.74 | 937 | 00 00 24 |
| 2 | 3 | 4.74 | 940 | 00 03 04 |
| 3 | 3 | 7.74 | 943 | 00 08 12 |
| 4 | 3 | 10.74 | 946 | 00 15 48 |
| 5 | 3 | 13.74 | 949 | 00 25 50 |
| 6 | 3 | 16.74 | 952 | 00 38 22 |
| 7 | 3 | 19.74 | 955 | 00 53 20 |
| 8 | 3 | 22.74 | 958 | 01 10 48 |
| 9 | 3 | 25.74 | 961 | 01 30 42 |
| $T_3$ | 2.17 | 27.91 | 963.17 | 01 45 38 |

## المنحنى السادس ( لوحة رقم٤):

المعطيات و الحسابات الأولية في الجدول التالي:

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى (م) | 100 |
| زاوية تقاطع المماسين | 19 20 40 |
| طول المنحنى (م ) | 33.76 |
| طول المماس | 17.04 |
| التعلية (م) | 0.10 |
| معامل الاحتكاك الجانبي | 0.01 |
| السرعة (كم/ساعة) | 50 |
| الإزاحة (م) | 0.73 |
| التوسعة على المنحنى (م) | 1.27 |
| طول المنحنى المتدرج (م) | 41.86 |
| طول المنحنى الدائري (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيسر c1 (م) | 1.08 |
| الوتر الجزئي الأوسط في المتدرج الأيسر c (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الثاني في المتدرج الأيسر c2 (م) | 0.78 |
| الوتر الجزئي الأول في المنحنى الدائري c1’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأوسط في المنحنى الدائري c’ (م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الثاني في المنحنى الدائري c2’(م) | لا يوجد |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c1’’ (م) | 1.22 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c’’ (م) | 2 |
| الوتر الجزئي الأول في المتدرج الأيمن c2’’ (م) | 0.64 |

**المنحنى المتدرج الأيسر:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_0$ | 0.0 | 0.0 | 984.92 | 00 00 00 |
| 1 | 1.08 | 1.08 | 986 | 00 00 10 |
| 2 | 2 | 3.08 | 988 | 00 01 17 |
| 3 | 2 | 5.08 | 990 | 00 03 32 |
| 4 | 2 | 7.08 | 992 | 00 06 52 |
| 5 | 2 | 9.08 | 994 | 00 11 18 |
| 6 | 2 | 11.08 | 996 | 00 16 48 |
| 7 | 2 | 13.08 | 998 | 00 23 26 |
| 8 | 2 | 15.08 | 1000 | 00 31 08 |
| 9 | 2 | 17.08 | 1002 | 00 39 56 |
| 10 | 2 | 19.08 | 1004 | 00 49 50 |
| 11 | 2 | 21.08 | 1006 | 01 00 50 |
| 12 | 2 | 23.08 | 1008 | 01 12 56 |
| 13 | 2 | 25.08 | 1010 | 01 26 06 |
| 14 | 2 | 27.08 | 1012 | 01 40 24 |
| 15 | 2 | 29.08 | 1014 | 01 55 46 |
| 16 | 2 | 31.08 | 1016 | 02 12 14 |
| 17 | 2 | 33.08 | 1018 | 02 29 48 |
| 18 | 2 | 35.08 | 1020 | 02 48 28 |
| 19 | 2 | 37.08 | 1022 | 03 08 14 |
| 20 | 2 | 39.08 | 1024 | 03 29 04 |
| 21 | 2 | 41.08 | 1026 | 03 51 02 |
| T1 | 0.78 | 41.86 | 1026.78 | 03 59 51 |

**المنحنى المتدرج الأيمن:**

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chinage (m) | Total Deflection angle |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1.22 | 1.22 | 1028 | 00 00 12 |
| 2 | 2 | 3.22 | 1030 | 00 01 26 |
| 3 | 2 | 5.22 | 1032 | 00 03 44 |
| 4 | 2 | 7.22 | 1034 | 00 07 08 |
| 5 | 2 | 9.22 | 1036 | 00 11 38 |
| 6 | 2 | 11.22 | 1038 | 00 17 14 |
| 7 | 2 | 13.22 | 1040 | 00 23 56 |
| 8 | 2 | 15.22 | 1042 | 00 31 42 |
| 9 | 2 | 17.22 | 1044 | 00 40 36 |
| 10 | 2 | 19.22 | 1046 | 00 50 31 |
| 11 | 2 | 21.22 | 1048 | 01 01 38 |
| 12 | 2 | 23.22 | 1050 | 01 13 48 |
| 13 | 2 | 25.22 | 1052 | 01 27 04 |
| 14 | 2 | 27.22 | 1054 | 01 41 26 |
| 15 | 2 | 29.22 | 1056 | 01 56 54 |
| 16 | 2 | 31.22 | 1058 | 02 13 26 |
| 17 | 2 | 33.22 | 1060 | 02 31 04 |
| 18 | 2 | 35.22 | 1062 | 02 49 50 |
| 19 | 2 | 37.22 | 1064 | 03 09 40 |
| 20 | 2 | 39.22 | 1066 | 03 30 34 |
| 21 | 2 | 41.22 | 1068 | 03 52 36 |
| T3 | 0.64 | 41.86 | 1068.64 | 03 59 50 |

**المنحنى السابع ( لوحة رقم 4 ):**

**المعطيات:**

| | |
|---|---|
| نصف قطر المنحنى | R = 130m |
| زاوية الانحراف | Δ = 44 07 18 |
| طول المنحنى | L = 100.11m |
| طول المماس | T= 52.68 m |
| محطة نقطة القاطع | Ch of PI =1+208.75 km + m |

**أولا: حساب التعلية اللازمة على المنحنى (e) :**

$$e = \frac{(V*0.75)^2}{127R} = \frac{(50*0.75)^2}{127*130}$$

e= 0.085 less than e max.($e_{max}$=0.10)

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

$$W = \frac{4*6.1^2}{2*130} + \frac{50}{9.5*\sqrt{130}} = 1.03m$$

**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

$$L = \frac{\left(\frac{50}{3.6}\right)^3}{0.64*130} = 32.20m$$

**ثالثا: حساب الإزاحة ( S ):**

$$S = \frac{L^2}{24*R} = \frac{32.20^2}{24*130} = 0.33\ m$$

**رابعا: طول المماس الكلي $PT_0$**

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

$= ( 130+0.33) \tan((44\ 07\ 18)/2) + (32.20/2)$

$= 68.92$ m

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

Chainage of $T_0$ = Chainage of P – Tangent Length

= (1+208.75) – 68.92 = 1+139.83 Km+m

Chainage of $T_1$ = Chainage of $T_0$ + L

= (1+139.83)+32.20 = 1+172.03 Km+m

**سادسا: أطوال الأقواس الجزئية**

R/40 = 130/ 40 = 3.25 m

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 1139.83 m إذن لتكن محطة القطة ١ مساوية ل :

$C_1 = 1141-1139.83 = 1.17m$

أما الأقواس الجزئية الوسطى فليكن عددها 10 و بطول 3m

فيبقى لدينا القوس الجزئي الأخير و يساوي:

$c_2 = L - c_1 - nc$

$= 32.20-3*10-1.17 = 1.03m$

So we have

$c_1 = 1.17$ m

$c = 3$ m

$c_2 = 1.03$ m

**سابعا: إيجاد الزوايا الجزئية δ**

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 130 * 32.20}\right) l^2$$

$\delta = (0.1369/60) * l^2$ 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 | 1139.83 | 00 00 00 |
| 1 | 1.17 | 1.17 | 1141 | 00 00 11 |
| 2 | 3 | 4.17 | 1144 | 00 02 23 |
| 3 | 3 | 7.17 | 1147 | 00 07 02 |
| 4 | 3 | 10.17 | 1150 | 00 14 10 |
| 5 | 3 | 13.17 | 1153 | 00 23 45 |
| 6 | 3 | 16.17 | 1156 | 00 35 48 |
| 7 | 3 | 19.17 | 1159 | 00 50 19 |
| 8 | 3 | 22.17 | 1162 | 01 07 17 |
| 9 | 3 | 25.17 | 1165 | 01 26 44 |
| 10 | 3 | 28.17 | 1168 | 01 48 38 |
| 11 | 3 | 31.17 | 1171 | 02 13 00 |
| $T_1$ | 1.03 | 32.20 | 1172.03 | 02 21 56 |

للتحقق من ذلك نحسب الزاوية

$$¤_{T1} = \frac{L}{2 * R} \quad \text{radian}$$

$= 32.20/(2*130) * 180/3.1416 = 07\ 05\ 45$

$Ø_T = 3\ T_1$

$T_1 = Ø_T / 3 = 07\ 05\ 45/3 = 02\ 21\ 55$

**ثامنا: تثبيت المنحنى الدائري:**

ج- الزاوية المركزية للمنحنى $\theta'$

$\theta' = \theta - 2Ø = 44\ 07\ 18 - 2*(07\ 05\ 45)$

ح- طول المنحنى الدائري $L'$

$$L' = \frac{® * R * ¯}{180} = \frac{® * 130 * 29.93}{180}$$

$= 167.91m$

ج- إيجاد أطوال الأقواس الجزئية

نختار أقواسا جزئية لا تزيد أطوالها عن R/20

$R / 20 = 130/ 20 = 6.5\ m$

أي يجب أن لا يزيد طول القوس الجزئي عن 6.5 m، و نختار طول القوس الجزئي الأول بحيث تصبح محطة القطة الاولى (l) رقما مدورا و مناسبا و حيث أن محطة نقطة التماس $T_1$ و التي تبق مباشرة القطة (l) من المنحنى الدائري و تساوي 1172.03 m ، اذن نختار الوتر الجزئي الأول بطول:

$c_1' = 1175-1172.03 = 2.97m$

أما بالنسبة لطول الأوتار الجزئية الوسطى فنختار طول كل واحد منهما مساويا ل 5 m وعددها 12

أما القوس الجزئي الأخير من المنحنى الدائري $c_2'$ فطوله يساوي

$c_2' = 67.91 - 12*5 - 2.97 = 4.94\ m$

د- زوايا الانحراف الجزئية:

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

For $c_1' = 2.97\ m$

$\delta' = 1718.87 *( 2.97/130)/60 = 00\ 39\ 16$

For $c^{'}$ = 5 m

$\delta^{'}$ = 1718.87 *(5/130)/60 = 01 06 07

For $c_2^{'}$ = 4.94 m

$\delta^{'}$ = 1718.87 *( 4.94/130)/60 = 01 05 19

و عليه نرتب الجدول التالي

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_1$ | 0.0 | 0.0 | 1172.03 | 00 00 00 |
| 1 | 2.97 | 2.97 | 1175 | 00 39 16 |
| 2 | 5 | 7.97 | 1180 | 01 45 23 |
| 3 | 5 | 12.97 | 1185 | 02 51 30 |
| 4 | 5 | 17.97 | 1190 | 03 57 37 |
| 5 | 5 | 22.97 | 1195 | 05 03 44 |
| 6 | 5 | 27.97 | 1200 | 06 09 51 |
| 7 | 5 | 32.97 | 1205 | 07 15 51 |
| 8 | 5 | 37.97 | 1210 | 08 22 05 |
| 9 | 5 | 42.97 | 1215 | 09 28 12 |
| 10 | 5 | 47.97 | 1220 | 10 34 19 |
| 11 | 5 | 52.97 | 1225 | 11 40 26 |
| 12 | 5 | 57.97 | 1230 | 12 46 33 |
| 13 | 5 | 62.97 | 1235 | 13 52 40 |
| $T_2$ | 4.94 | 67.91 | 1239.94 | 14 57 59 |

**تاسعا : حساب عناصر المنحنى المتدرج الأيمن**

ت- إن طول هذا المنحنى هو نفس طول المنحنى المتدرج الأيسر و يساوي 32.20m

كما أن الإزاحة shift وطول المماس $PT_3$ هي نفسها أيضا أي

Tangent length $PT_3$ = 68.92 m

s = 0.33 m

ب- محطة نقطة التماس $T_3$ وتساوي :

Chainage of $T_3$ = Chainage of $T_2$ + L

= (1+239.94) + 32.20 = 1+272.14 Km+ m

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 :

$c_1^{"}$ = 1241-1239.94 = 1.06 m

**أما الأقواس** الجزئية الوسطى في المتدرج الأيمن فليكن طول كل منها مساويا 3m وعددها 10

أما طول الوتر الجزئي الأخير فيكون

$c_2^{"}$ = 32.20-1.06-10*3 = 1.14 m

د- زوايا الانحراف الجزئية :

$$\delta = \left(\frac{1800}{® * R * L}\right) * l^2 = \left(\frac{1800}{® * 130 * 32.20}\right) l^2$$

$\delta$= 0..1369/60 * $l^2$ Degree

و عليه نرتب الجدول التالي :

| Point # | Chord (m) | L (m) | Chainage (m) | Total Deflection Angle |
|---|---|---|---|---|
| $T_2$ | 0.0 | 0.0 | 1239.94 | 00 00 00 |
| 1 | 1.06 | 1.06 | 1241 | 00 00 09 |
| 2 | 3 | 4.06 | 1244 | 00 02 15 |
| 3 | 3 | 7.06 | 1247 | 00 06 49 |
| 4 | 3 | 10.06 | 1250 | 00 13 51 |
| 5 | 3 | 13.06 | 1253 | 00 23 21 |
| 6 | 3 | 16.06 | 1256 | 00 35 19 |
| 7 | 3 | 19.06 | 1259 | 00 49 44 |
| 8 | 3 | 22.06 | 1262 | 01 06 37 |
| 9 | 3 | 25.06 | 1265 | 01 25 58 |
| 10 | 3 | 28.06 | 1268 | 01 47 47 |
| 11 | 3 | 31.06 | 1271 | 02 12 04 |
| $T_3$ | 1.14 | 32.20 | 1272.14 | 02 21 56 |