

جامعة دمشق  
كلية الهندسة المدنية  
قسم هندسة النقل ومواد البناء

## تصميم الطرق 2

هندسة الطرق

المحاضرة 2

## محتوى المحاضرة:

### عناصر الطريق

تقسم عناصر الطريق الى ثلاث أقسام وهي:

- عناصر الطريق في المسقط الأفقي.
- عناصر الطريق في المقطع الطولي.
- عناصر الطريق في المقطع العرضي.

## عناصر الطريق

بعض المفاهيم الضرورية:

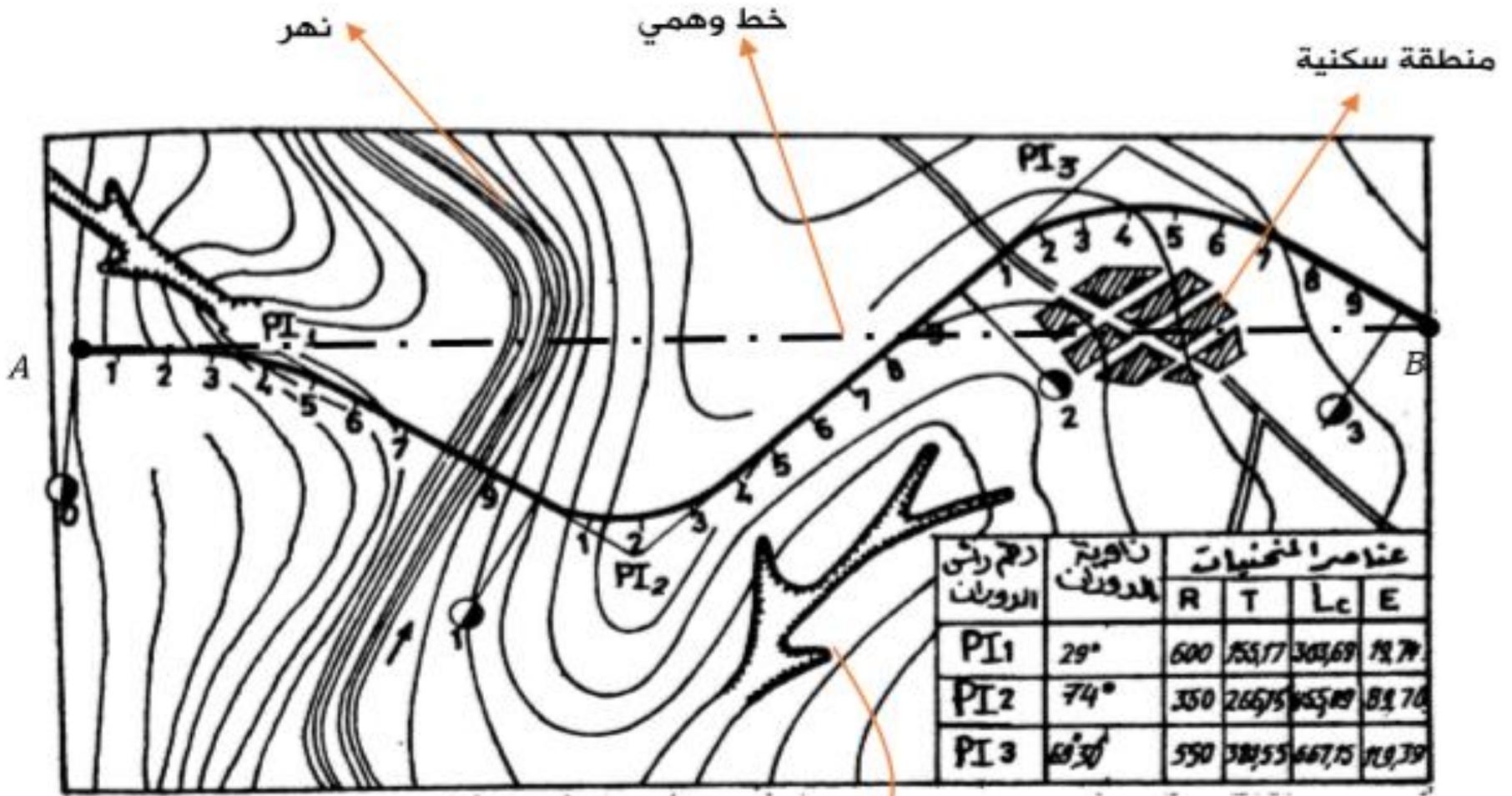
المخطط الطبوغرافي: هو مخطط لمسقط مدينة بمقياس معين، يظهر التفاصيل الأساسية في خطوط تسوية مناطق سكنية وصناعية وغيرها.

الخط الوهمي: هو الخط المستقيم الواصل بين نقطتي البداية والنهاية للطريق على المسقط الأفقي.

مضلع الطريق: هو عبارة عن مضلع منكسر يحدد بين نقطتي البداية والنهاية للطريق.

زاوية الدوران: هي الزاوية الحاصلة بين امتداد المضلع السابق والمضلع اللاحق ورمزها  $\Delta$

السمت: هي الزاوية التي يصنعها المستقيم المدروس مع الشمال الجغرافي.



يتم تصميم الطرق لكي تؤمن نقل الحمولات والركاب بشكل آمن ومريح بحيث تكون الطاقة المصروفة من قبل السيارات وكلفة النقل أقل ما يمكن.

يتبادر إلى الذهن أن ذلك يمكن تحقيقه باتباع الخط المستقيم (الخط الوهمي) الواصل بين نقطتي البداية والنهاية للطريق، إلا أن إنشاء الطريق حسب الخط الوهمي للحصول على أقصر مسافة ممكنة يصطدم بعقبات كثيرة:

كالتضاريس (جبال – وديان - انهدامات)

عقبات مائية (أنهار- بحيرات - مستنقعات)

عقبات أخرى كالأغابات والمناطق الزراعية عالية الخصوبة.

كما قد يكون من الضروري على الأغلب أن يمر الطريق من خلال نقاط معينة (نقاط المرور المتوسطة)

كما هو الحال عند المرور بمحاذاة المناطق السكانية والمدن الصغيرة الواقعة قرب الخط الوهمي

وكذلك النقاط الملائمة لتقاطع الطريق مع الأنهار والسكك الحديدية والطرق الأخرى.

## أولاً: عناصر الطريق في المسقط الأفقي:

لرسم المسقط الأفقي نتبع الخطوات التالية:

### 1- نحدد نقطتي البداية والنهاية:

بعد أن حددنا درجة الطريق ننظر إلى المنطقة التي سيمر منها الطريق وذلك بهدف تحديد السرعة التصميمية له .

ثم نحضر مخطط المدينة التي عبر منها الطريق "المخطط الطبوغرافي" حيث يجب تعلم كيفية قراءته وقراءة المعلومات الموجودة فيه كخطوط التسوية والطرق الموجودة فيه، وكل ما فيه من رموز وتعاليم.

ثم نقوم باتخاذ القرار بمكان وضع الطريق .

ثم نحدد نقطتي البداية والنهاية للطريق على المخطط ونصل بينهما.

## 2- نرسم مضلع الطريق "المضلع المنكسر" :

شرحنا سابقا أنه يوجد عقبات تمنعنا من تنفيذ الطريق على الخط الوهمي كالتضاريس وغيرها لذلك نضطر للابتعاد عن الخط الوهمي AB واختيار محور الطريق على شكل خط منكسر.

كما هو الحال من أجل تخطي النهر فيجب أن يكون التقاطع بين الطريق والنهر بشكل زاوية قائمة وفي أقصر عرض للنهر إن أمكن وذلك لأن الطريق الذي سيمر خلال النهر سيكون عبارة عن جسر وتكلفة إنشاء الجسور عالية لذلك نحاول دائماً أن نقلل الكلفة الاقتصادية.

وكذلك الأمر بالنسبة للسكك الحديدية فنحن نحاول أن يكون التقاطع بشكل زاوية قائمة وذلك للتقليل من زمن التقاطع حيث كلما كان الطريق مائلاً أكثر كلما زاد زمن التقاطع وبالتالي زاد من خطورة الاصطدام. لو كان هنالك مناطق شجرية فيجب الابتعاد عنها.

ولو كان هنالك مناطق صناعية أو سكنية فيجب محاذاتها كي يتم تخديمها.

إذا الوصل بين النقطتين A و B هو صعب عمليا بسبب وجود العقبات المترتبة عليها وهنا يكون دور المهندس حيث ينتقي الأفضل بين مجموعة الحلول الممكنة ليكون الطريق آمن ومريح من الناحية الإنشائية والناحية الاستثمارية.

### 3- حساب زاوية الدوران وقياس الأطوال وحساب السموت والإحداثيات :

زاوية الدوران: هي الزاوية المحصورة بين امتداد الضلع الأول والثاني فتكون بالنسبة للشكل التالي:

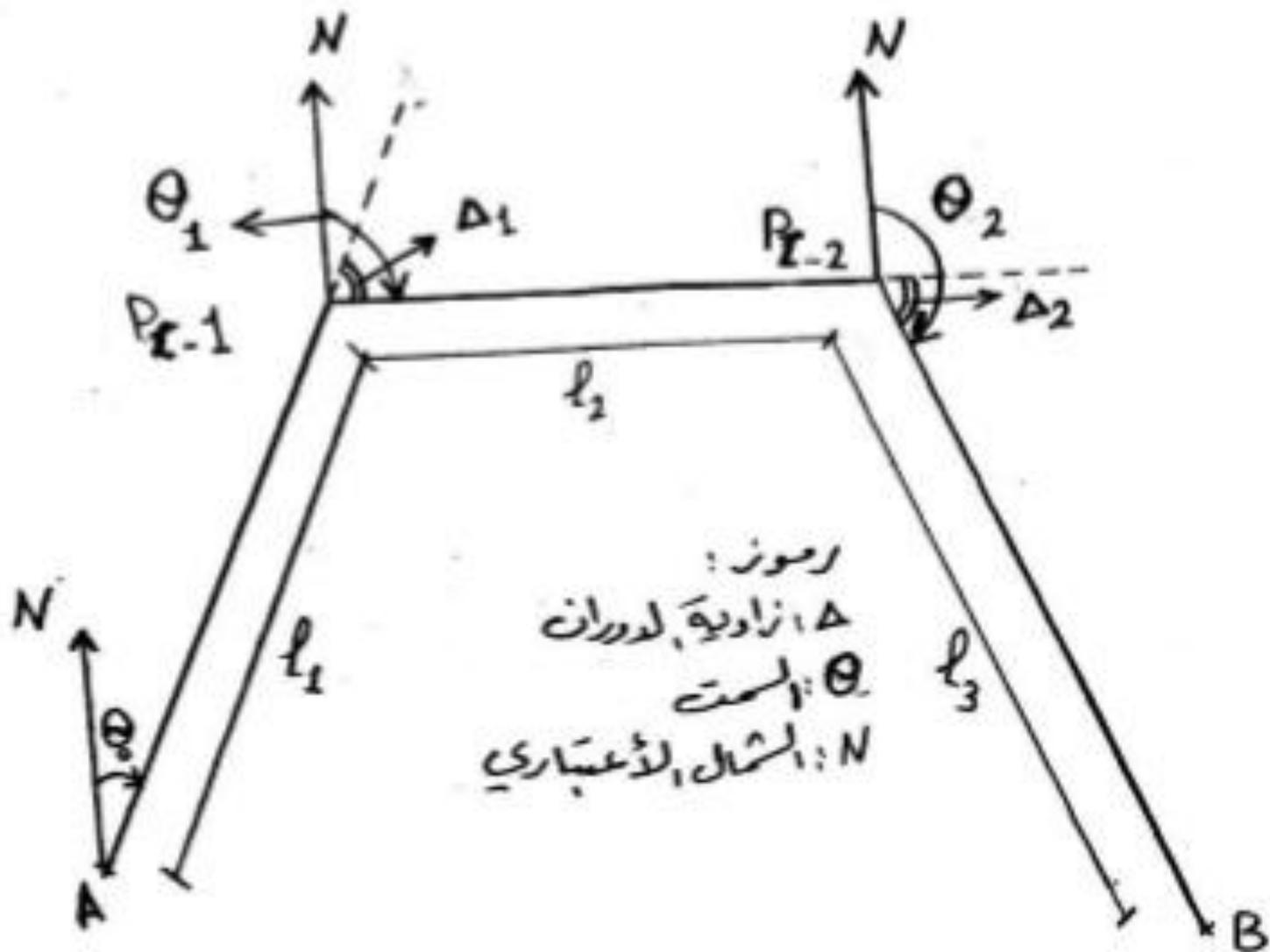
$\Delta_1$  هي الزاوية المحصورة بين امتداد المستقيم بين النقطتين A و  $P_{i-1}$  والمستقيم الواصل بين  $P_{i-1}$  و  $P_{i-2}$  وبنفس الطريقة يكون  $\Delta_2$

حيث نسمي رؤوس المضلع المنكسر ب رؤوس الدوران ونرمز لها على الترتيب وعلى طول محور الطريق ب  $(\dots, P_{i-2}, P_{i-1}, \dots)$

نقيس الأطوال بين زوايا الدوران بالقياس المباشر لنحدد أطوال الأضلاع والتي نرمز لها  $(l_1, l_2, l_3 \dots)$ .

يتم حساب السموت للأضلاع حيث نحسب السموت الأول مباشرة من المخطط وذلك باستخدام المنقلة ثم لحساب السموت الأخرى نطبق العلاقة التالية:

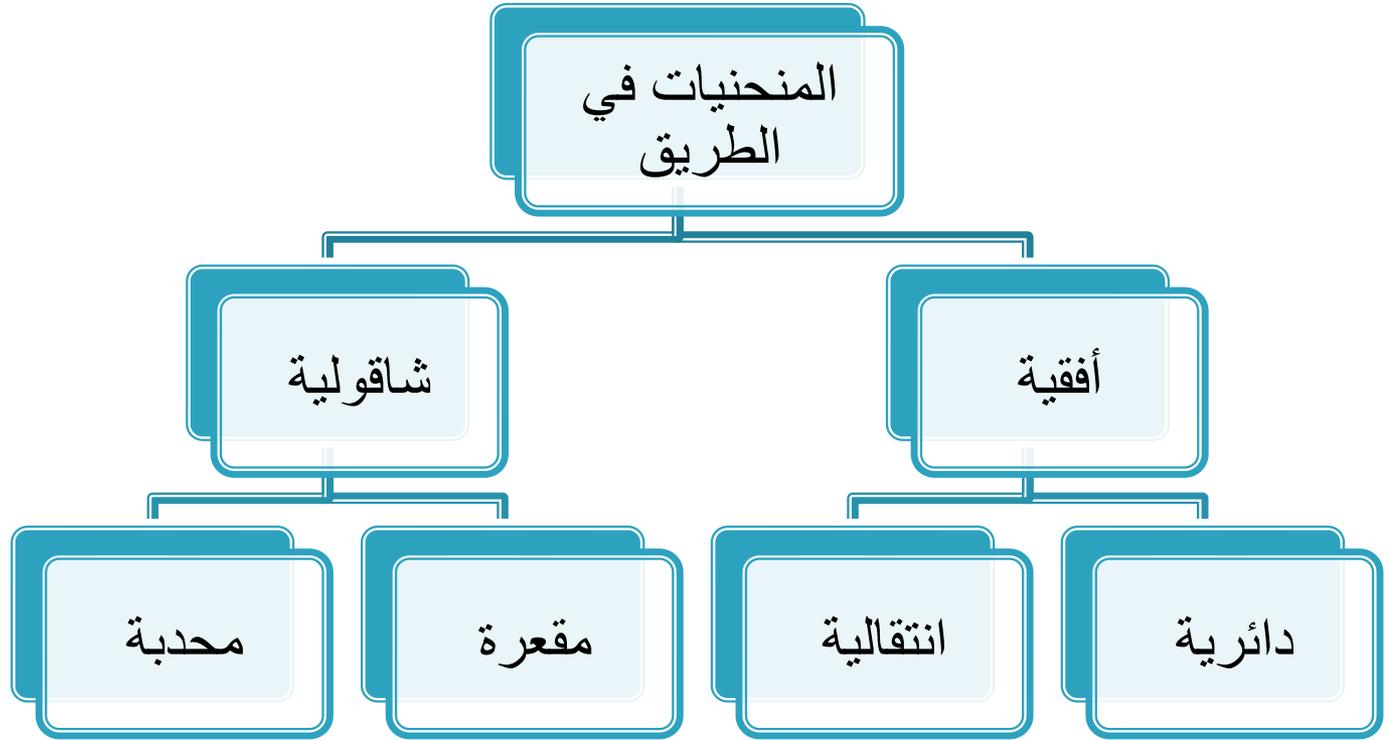
$$\text{السمت} = \text{السمت السابق} \mp \text{زاوية الدوران}$$



رموز:  
 $\Delta$ : زاوية الدوران  
 $\theta$ : السمت  
 $N$ : الشكال الأعتباري

#### 4- إيجاد محور الطريق وحساب عناصر المنحنيات :

من المستحيل عبور السيارات على الخط المنكسر والذي يشكل زاوية لذلك نلجأ لوضع منحنيات تسهل حركة المرور براحة أكثر و أمان أكثر. حيث يتم تقسيم المنحنيات في الطريق إلى:



المنحنيات الأفقية: والتي تكون في المسقط الأفقي فقط ويكون فيها المنحني انعطافه إما لليمين أو لليسار.  
المنحنيات الشاقولية: وهذه المنحنيات تكون إما للأعلى أو للأسفل وذلك تبعاً لطبيعة تضاريس الأرض.  
المنحنيات الأفقية الدائرية: وهي المنحنيات التي تكون ذات قطر ثابت، ويكون لها علاقة رياضية تسمح بحساب عناصر المنحني الدائري.

المنحنيات الأفقية الانتقالية: تكون ذات قطر متغير من الاستقامة (الخط المستقيم) إلى القطر الذي نريد التصميم عليه، توضع عندما يكون هنالك منعطف حاد جداً ستتوضح فكرته لاحقاً.

ملاحظات:

كلما كانت زوايا الدوران صغيرة كلما كانت أنصاف أقطار المنحنيات كبيرة.  
لا يفضل تصميم الطرق باستقامات طويلة يجب أن يكون هنالك استقامات ومنحنيات بأنصاف أقطار كبيرة.  
في حال كانت السرعات كبيرة ولم نستطع أن نأخذ منحنيات دائرية بأنصاف أقطار كبيرة، نأخذ المنحنيات الأفقية الانتقالية بأنصاف أقطار صغيرة.

ملاحظة: تكون المنحنيات الأفقية دائرية:

إذا كان نصف قطر المنحني:  $R \geq 3000m$  الطرق من الدرجة الأولى.

وإذا كان نصف قطر المنحني:  $R \geq 2000m$  الطرق من باقي الدرجات (V , IV , III , II).

تكون المنحنيات الأفقية انتقالية إذا كانت  $R$  أقل من القيم السابقة أي:

$R < 3000m$  الطرق من الدرجة الأولى.

$R < 2000m$  الطرق من باقي الدرجات (V , IV , III , II).

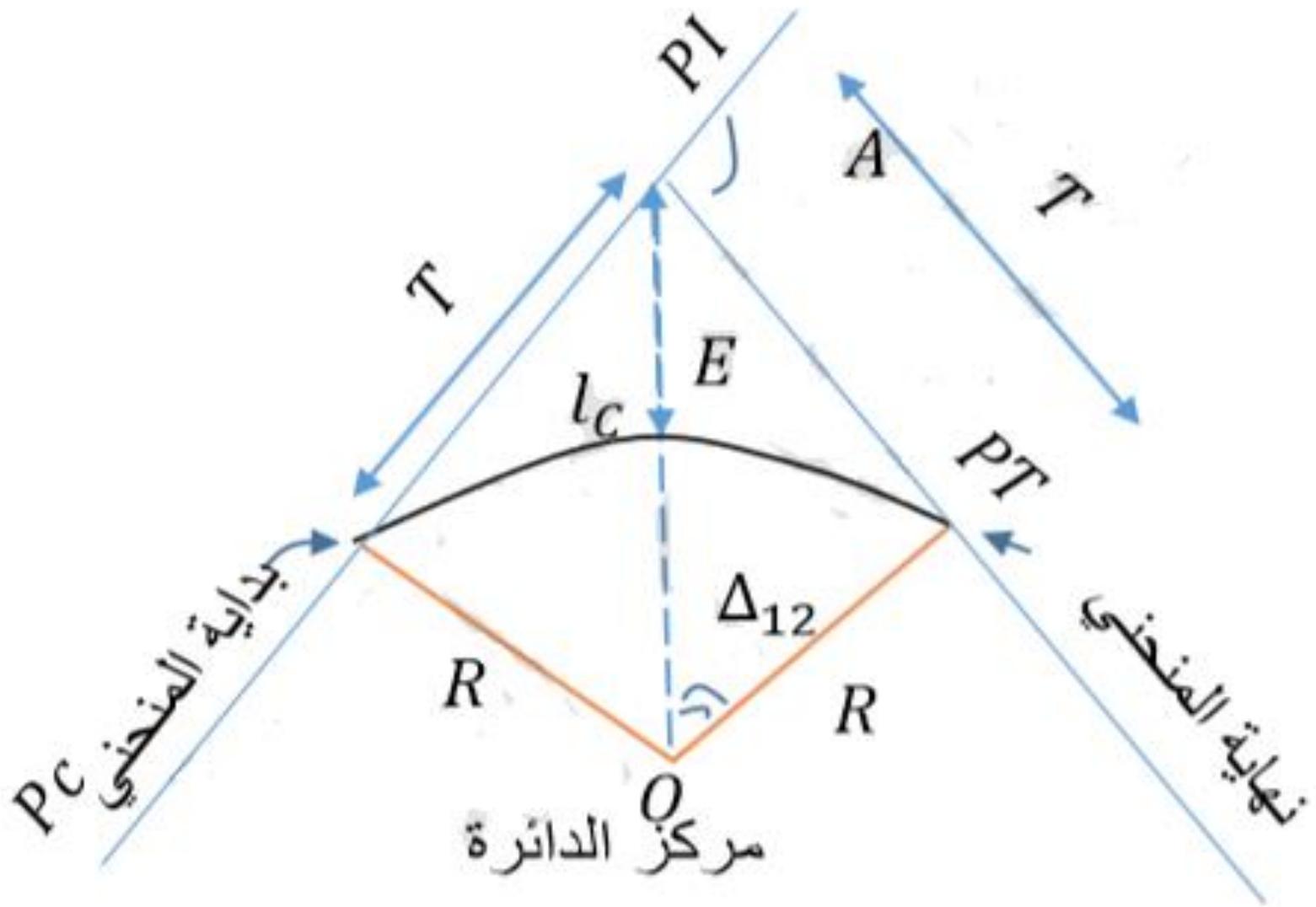
نحصل على أنصاف الأقطار في المنحنيات الدائرية والانتقالية من جداول خاصة تحدد بالاعتماد على السرعات التصميمية للطريق، تكون قيم أنصاف الأقطار الموجودة في الجدول هي القيم الدنيا.

إذا عندما نضيف المنحنيات لمضلع الطريق يصبح اسمه محور الطريق وبالتالي فإن محور الطريق يتألف من استقامات ومنحنيات.

ملاحظة مهمة: نعتبر عادة عن درجة تطويل الطريق بسبب انكسارات المحور عند رؤوس الدوران بعامل التطويل الذي يساوي نسبة الطول الفعلي للطريق على الطول الوهمي للمستقيم الواصل بين نقطتي البداية والنهاية للطريق.

## عناصر المنحني الدائري :

1.  $\Delta$  زاوية الدوران الخارجية والتي تساوي الزاوية المركزية للمنحني الدائري بنظرية التعامد. حيث نصل المستقيم الواصل بين النقطتين O و  $P_I$  وباعتبار أن المثلث ( $P_C-P_I-O$ ) مثلث متساوي الساقين إذاً يكون الارتفاع (O- $P_I$ ) منصف وبالتالي تكون الزاوية (PI-O-PT) تساوي  $\Delta_{12}$
2. R : نصف قطر الانحناء
3. T : طول المماس للمنحني الدائري.
4.  $L_c$  طول المنحني الدائري.
5. E : طول السهم أو المنصف



بالإضافة إلى هذه العناصر الخمسة هناك عامل آخر يسمى عامل التصحيح

ويتم حسابه من أجل حساب الطول الفعلي للطريق وللتحقق من صحة العمل.

ولحساب طول الطريق الفعلي ننتقل أولاً من قياس طول المنحنيات ثم نضيف إليها طول

الاستقامات بين المنحنيات أو "أن نجمع أطوال أضلاع المضلع ثم نطرح منه التصحيح"

وبذلك فإن هناك تصحيح يجب إدخاله من أجل كل منحنى.

أن طول المماسين أكبر من طول القوس الدائري وهذا يؤثر على الطول الفعلي بالطبع،

ونسمي الفرق بين طول المماسين وطول المنحنى عند كل رأس دوران بالتصحيح ويرمز له

D فيكون:

$$D = 2T - L_C$$

ويكون لكل منحنى تصحيحه الخاص به، إذا كان هناك 3 منحنيات فإنه سيكون هناك 3

تصحيحات وبالتالي الطول الفعلي سيكون طول الضلع ناقصاً منه مجموع التصحيحات،

أو كما ذكرنا سابقاً حيث نجمع طول المنحنيات إلى طول الاستقامات.

ترتبط عناصر المنحني الدائري مع بعضها البعض بعلاقات مثلثية بسيطة:

$$L = \frac{\pi R \cdot \Delta}{200} = \frac{\pi R \Delta}{180}$$

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

$$T = R \cdot \text{tg} \left( \frac{\Delta}{2} \right)$$

بعد أن نتج الطول الحقيقي للطريق نحسب عامل التطويل عبارة عن مؤشر للحل، فكلما كان عامل التطويل صغيراً كلما كان الحل أدق.

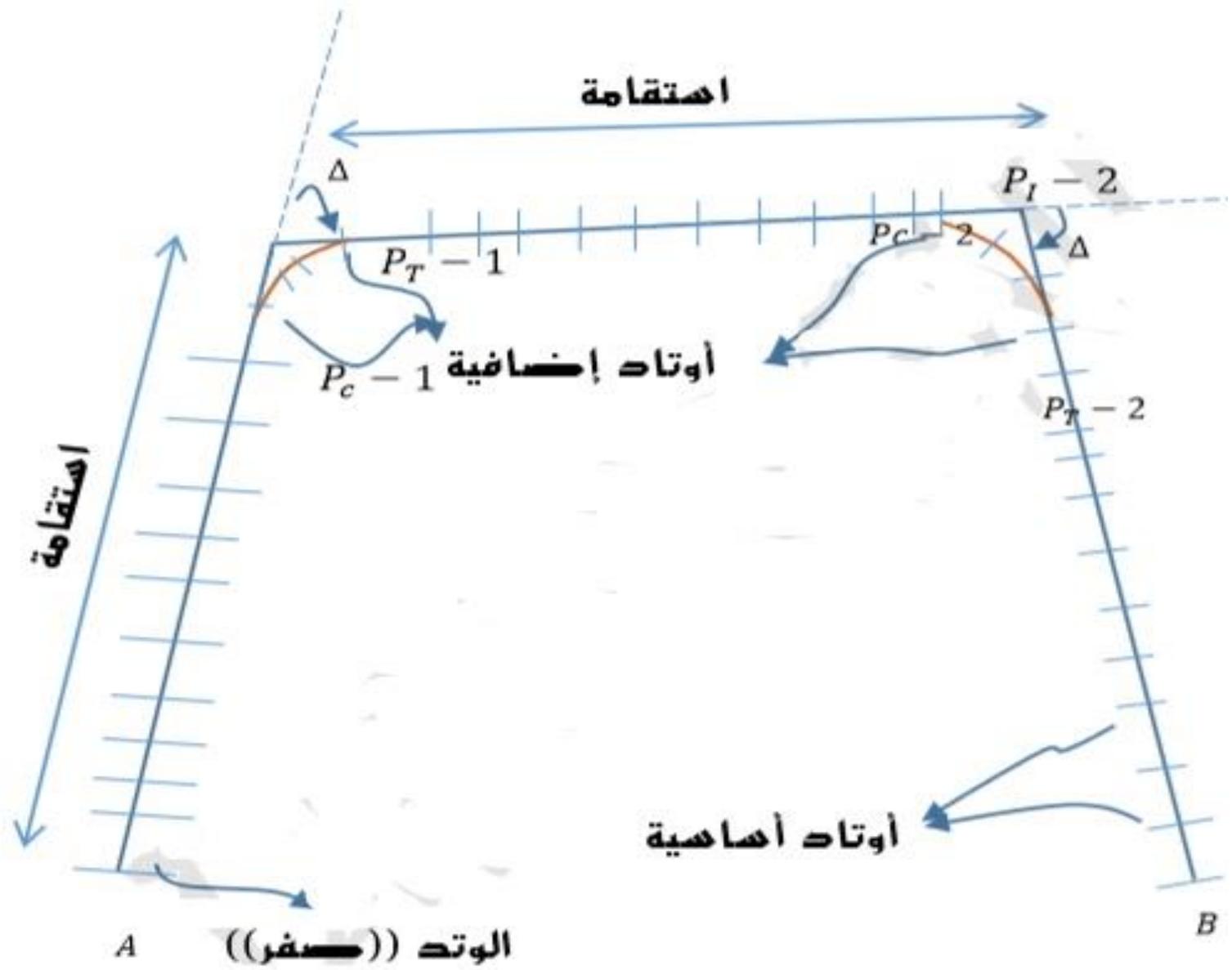
ملاحظة:

يجب الانتباه عند تكبير أنصاف الأقطار ألا يحدث تراكم للمنحنيات المتتالية فالشرط الأساسي أن يكون مجموع المماسين أصغر من طول الضلع المحصور بينهما.

الوتد هو عبارة عن تثبيت بالأرض نضعه لكي نرى التفاصيل و للأوتاد ثلاثة أنواع:

1- الأوتاد الأساسية: وهي التي توضع على محور الطريق من البداية وانطلاقاً من الوتد صفر وحتى نهاية محور الطريق بقيمة ثابتة تحدد حسب المنطقة وحسب الدراسة، فإذا كانت المنطقة جبلية أو نريد دراسة تفصيلية فإننا نضع المسافات بين الوتد والآخر (50-100m) وذلك كي تظهر التفاصيل "التضاريس" للمنطقة بوضوح ودقة أكبر.

أما إذا كانت الدراسة استطلاعية أو مكانية أو المنطقة سهلية فلا حاجة لإظهار التفاصيل فيها فإننا نأخذ المسافة بين الوتد والآخر (100-500 m) ثم نرقم الأوتاد من البداية إلى النهاية.



2- الأوتاد الإضافية: توضع هذه الأوتاد من البداية ونهاية كل منحنى دائري أو انتقالي حيث نرّمز لبداية المنحنى بpc ونهاية المنحنى ب PT ومن الممكن أن نطبق الأوتاد الإضافية على الأوتاد الأساسية.

3- الأوتاد الاستثنائية: بعد أن وضعنا الأوتاد الأساسية والأوتاد الإضافية نضع الأوتاد الاستثنائية في حال اضطررنا لذلك وتوضع في حال وجود منطقة هضبية أو وادي أو انهدام كبير ومر الطريق من خلاله ولم يكن هناك أي أوتاد أو اذا كانت موجودة ولكن لم تظهر التفاصيل فنضع وتداً استثنائياً، فمن الممكن أن تظهر التفاصيل بالمقطع الطولي ضرورة الأمر على هذا الانهدام إلا بجسر أو من الممكن حتى أن نغير محور الطريق وذلك تم كشفه بالأوتاد الاستثنائية .

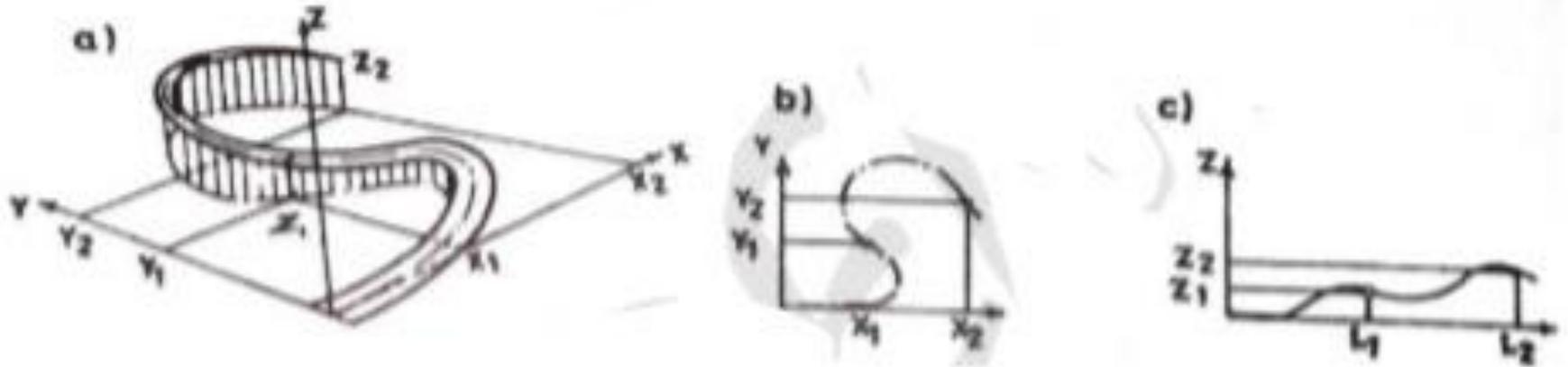
ملاحظة : عندما يكتب  $15^{+40}$  أي بعد الوتد رقم 15 ب 40 متر  
وتستخدم هذه الدلالة لتحديد نقطة ما على المخطط.

## ثانيا: عناصر الطريق في المقطع الطولي:

نقصد بالمقطع الطولي للطريق أنه المخطط الناجم عن إسقاط محوره المنشور على مستوي شاقولي مع المحافظة على المناسيب.

ونستفيد منه بشكل أساسي في تحديد قيم الميول الطولية لمختلف أجزاء الطريق وكذلك لتحديد وضعية سطح الطريق بالنسبة للأرض الطبيعية (حفر – ردم).

وتعد قيم الميول الطولية عادة أهم العوامل التي تميز فعالية النقل على الطرق .

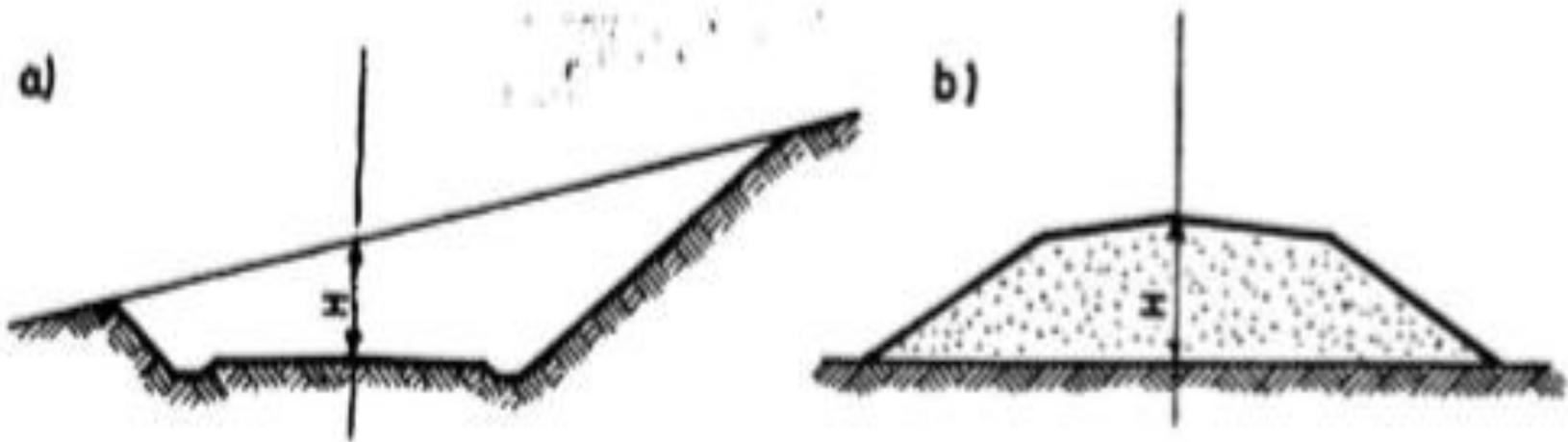


حيث يمثل الشكل السابق :

**منظور (اكسونومتري ) للطابق الترابي للطريق والذي يبين أن محور الطريق الذي تسلكه السيارات هو عبارة عن خط انسيابي فراغي نظرا لأنه يغير من اتجاهه في المقطع الطولي بسبب تجاوزه للعقبات الطبيعية والبيئية كما يغير من اتجاهه في المقطع الطولي بسبب صعوده عند المرتفعات وهبوطه عند المنخفضات .**

**المسقط الأفقي للطريق**

**المسقط الطولي للطرق والذي ينتج عن إسقاط المحور على المستوي الشاقولي.**



شكل ( ٢-٥ )  
 ارتفاع محور الطريق عن الأرض الطبيعية  
 a - في الحفرة      a - في الردم

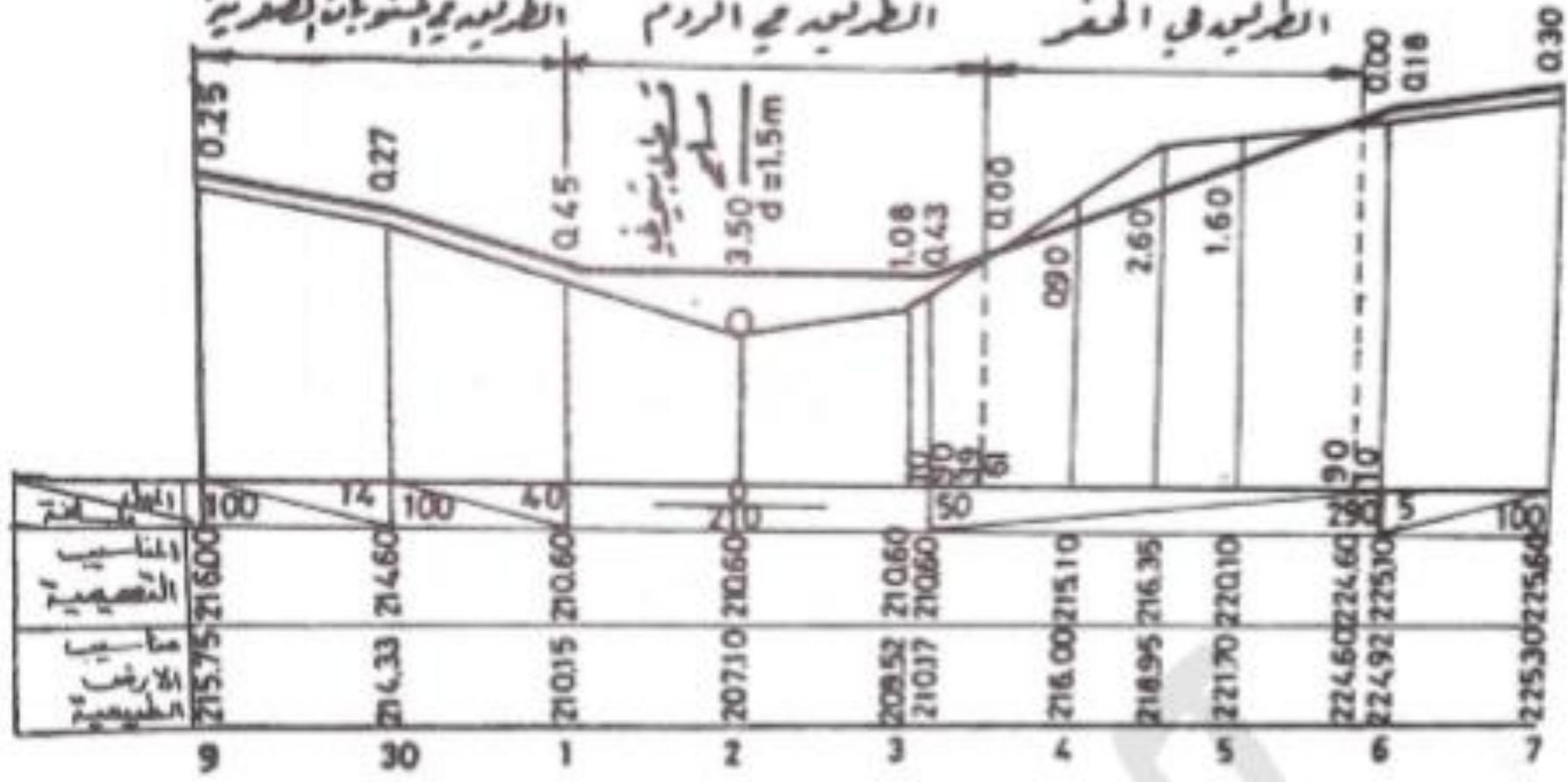
ولرسم جدول المقطع الطولي ننقل ما حصلنا عليه من المسقط الأفقي للمقطع الطولي حيث ننظم جدولاً يحوي عدة خانات ونبدأ بترتيب الأوتاد من اليسار إلى اليمين وبنفس المقياس المستخدم في المسقط الأفقي حيث أن تنظيم الجدول يكون من الأسفل إلى الأعلى ومن اليسار إلى اليمين .

عندما تزيد الميول الطولية لسطوح منحدرات الأرض الطبيعية عند محور الطريق على الميول المناسبة والمسموح بها لحركة السيارات بشكل فعال نعتد عادة إلى اختيار ميول طويلة للطريق أقل من ميول سطح الأرض الطبيعية. الأمر الذي ينجم عنه حفر جزء من التربة وردم الجزء الآخر (كما هو الحال عند اجتياز المناطق المنخفضة من التضاريس).

ونسمي الأماكن التي يكون فيها سطح الطريق أخفض من الأرض الطبيعية نتيجة لقطع التربة **الحفريات** والأماكن التي يكون فيها سطح الطريق أعلى من سطح الأرض الطبيعية نتيجة لردم التربة بشكل اصطناعي **الردميات** وعندما يكون ارتفاع الردم أقل من 1 م نقول أن الطريق يمر في المستويات الصفرية ويفضل ألا يقل ارتفاع الردم عن 1 م حتى لا تتجمع المياه على الطريق .

وحيث أن مناسب سطح الطريق نتيجة تشكيل الحفريات والردميات تختلف عن مناسب الأرض الطبيعية فإن فرق الارتفاع هو الذي يحدد ارتفاع الحفر والردم في كل نقطة من نقاط الطريق .

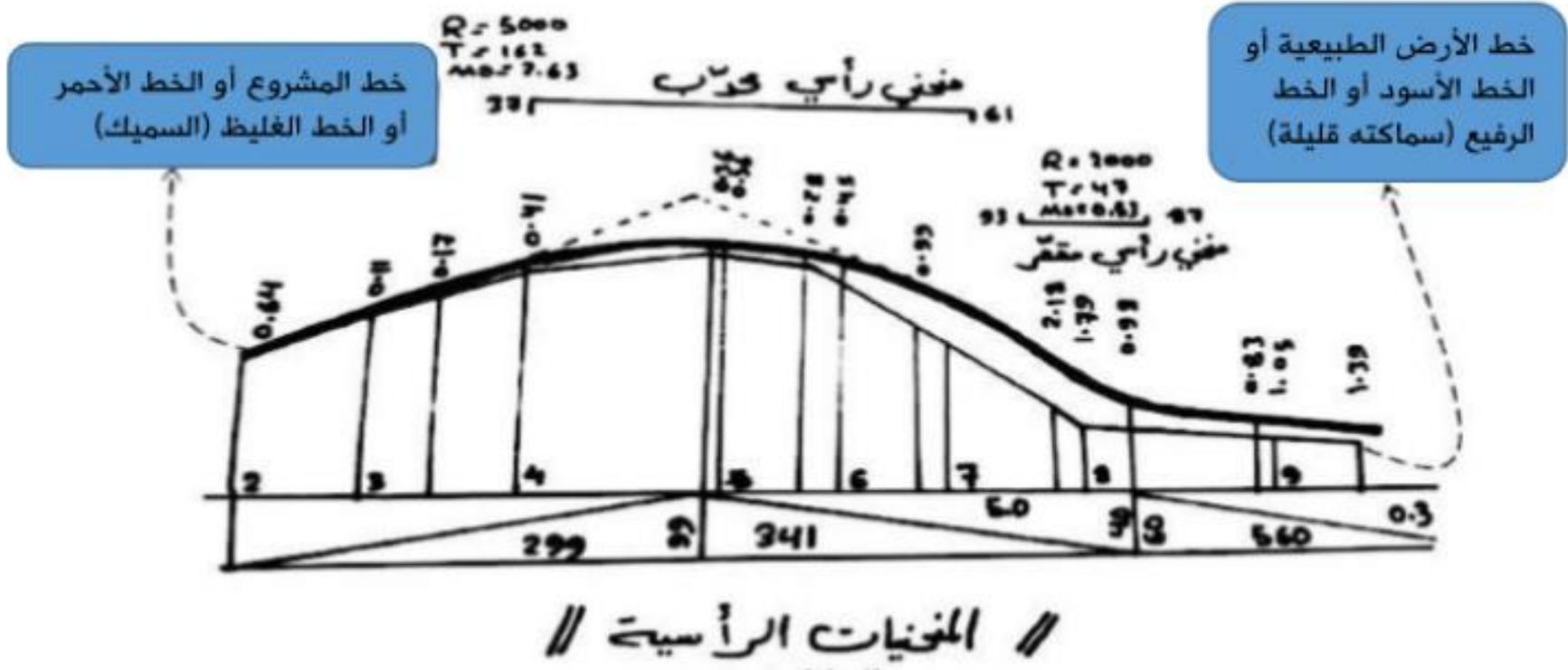
الطريق في الحضر      الطريق في الودم      الطريق غير مستوية بالحضرية



تتشكل نتيجة الانكسارات الناجمة عن تغير الميول في المقطع الطولي عدة أمور تسيء لحركة السيارات فمثلا تسوء الرؤيا في المناطق المحدبة خاصة عندما يكون الانكسار حاداً كما تتعرض السيارة التي تسير بسرعة عالية للخطر نتيجة فقدان السيطرة عليها بسبب نقصان الحمولة على المحور الأمامي.

أما في المناطق المقعرة فإن السيارة تتعرض لصدمة مفاجئة نتيجة تغير اتجاه الحركة مما يسبب شعوراً سيئاً للركاب كما يزيد من فقدان الحمولة التي تتعرض لها نقاط التعليق في السيارة .

وللتخلص من هذه الظواهر السلبية اولللتخفيف منها يجري تلطيف هذه الانكسارات بإدخال منحنيات رأسية على شكل قطع مكافئ حيث يبين الشكل التالي انكسارين في مضع المقطع الطولي للطريق جرى استبدالهما بمنحنيين رأسيين ((أحدهما محدب والآخر مقعر)) كما تبين الأرقام الموضوعة في الأعلى فرق الارتفاع بين الأرض الطبيعية وسطح الطريق عند المنحنيات الرأسية .



يسمى الخط الرفيع الذي يصل مناسيب الأرض الطبيعية على المقطع الطولي خط الأرض الطبيعية أما الخط الغليظ الذي يصل مناسيب سطح الأرض عند المحور فيسمى خط المشروع . ويرسم عادة خط المشروع أغلظ بمرتين من خط الأرض الطبيعية وذلك لإبرازه على لوحة المخطط.

## ثالثاً: عناصر الطريق في المقطع العرضي:

نقصد بالمقطع العرضي : المخطط المرسوم بمقياس مصغر للشكل الناجم عن قطع الطريق بمستوي شاقولي عمودي على محوره وتؤخذ المقاطع العرضية عند كل وتد (أساسي، إضافي، استثنائي) لكي يتوضح بشكل تفصيلي مناطق الحفر والردم وأخذ فكرة عن كلفة المشروع.

يتألف المقطع العرضي من العناصر التالية

**الغطاء** : حيث تسمى الشريحة من سطح الارض التي تسير عليها السيارات بالغطاء والذي ينشأ عادة من مواد متينة ومقاومة كما يسمى السطح العلوي من الغطاء القميص وفي حال كان الطريق من الدرجة الأولى يخصص غطاء مستقل من أجل الحركة في كل اتجاه (أحدهما ذهاب والآخر إياب ) كما أنه من الممكن أن يتكون كل غطاء من حارتين أو ثلاثة أو أكثر كما يترك بين الغطاءين جزيرة فاصلة متوسطة لا يسمح بحركة السيارات عليها لزيادة الأمان.

**الأكتاف الجانبية (البانكيت)**: تحيط بالغطاء من كل طرف ويكون ميله 2% وتفيد عادة من أجل وقوف السيارات عليها في الحالات الاضطرارية وكذلك لوضع المواد الإنشائية اللازمة لإصلاح الطريق في حال الضرورة كما تساعد الأكتاف الجانبية على زيادة عوامل الأمان للحركة في حال اضطرار السيارة للخروج عن المسرب الذي تسير عليه لأي سبب من الأسباب وتكون عبارة عن تربة مرصوفة أو اسفلت بمواصفات متدنية.

**شريحة التثبيت أو التدعيم**: حيث يجري عادة تدعيم الأطراف الجانبية للغطاء ورفع مقاومتها وذلك بتعبيد جزء من الأكتاف الجانبية أو الجزيرة أو المنصفة وتقويتها بشريحة تقوية طرفية وتفيد هذه التقوية أيضا في تحقيق إضافي لحركة السيارات في حال اضطرارها للخروج عن طرف الغطاء لأي سبب من الأسباب.

**الطريق الترابي والخنادق الجانبية** : يجري إنشاء الطابق الترابي والخنادق الجانبية لوضع الغطاء على المستوي المطلوب بدءا من سطح الأرض الطبيعية (في حالة الردم والحفر) وذلك لصرف المياه على سطح الطريق .

وينسب إلى الطابق الترابي المأخذ الجانبية وهي حفريات غير عميقة على طول الأرض المجاورة للطريق لاستخراج التربة اللازمة لتشكيل ردميات الطابق الترابي كما ينسب إليها أيضا الأماكن اللازمة لتجميع الحفريات الزائدة عن الحاجة.

**المنحدرات**: والتي تفصل الغطاء والأكتاف للطريق عن الأرض الطبيعية المجاورة وهي مستويات مائلة ممهدة بشكل صحيح ودقيق وتكون في حالة الطريق في الردم منحدرات خارجية فقط ,بينما نجد في حالة الطريق في الحفر منحدرات خارجية وداخلية .

ويمثل الشكل التالي الأفكار والتعدادات السابقة للتوضيح :

الطريق ذو غطاء واحد في حالة الحفر .

حيث :

1. الطريق الترابي

2. الأكتاف الجانبية

3. الغطاء

4. المنحدر الداخلي للخندق الجانبي

5. طرف الطريق

6. طرف الغطاء

7. محور الطريق

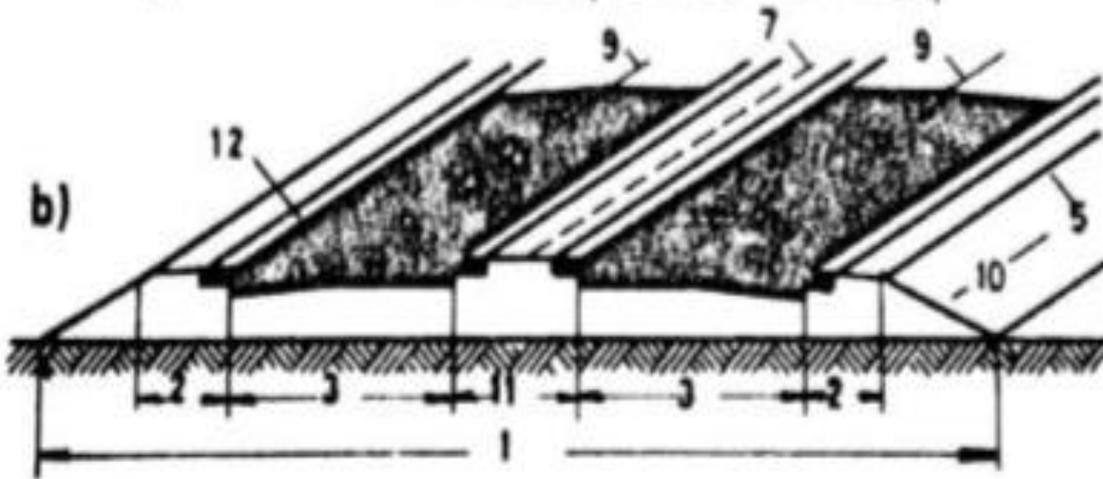
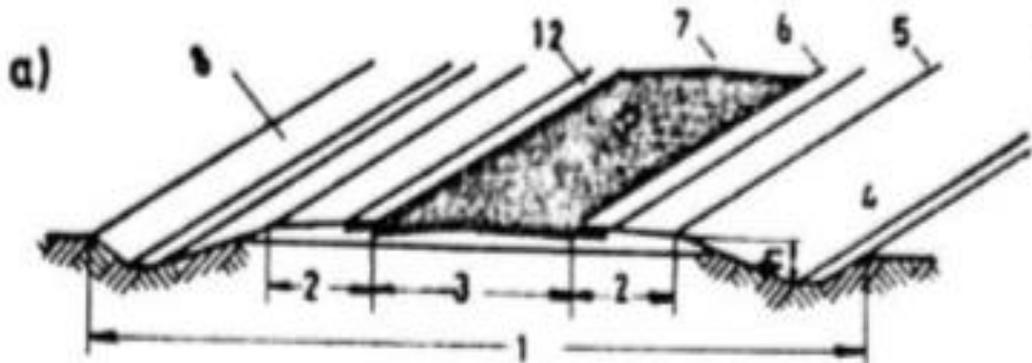
8. المنحدر الجانبي للخندق الجانبي

9. محور الغطاء

10. محور الردم

11. الجزيرة المنصرفة

12. شريحة التدعيم



طريق وغطاءان في حالة الردم .

ملاحظات :

يسمى الخط الناجم عن التقاء الأكتاف الجانبية للطريق مع منحدرات الردم أو المنحدرات الداخلية لخنادق الصرف بـ **طرف الطريق** .

كما تسمى المسافة بين طرفي الطريق عند الأعلى بـ **عرض الطريق (الغطاء + الأكتاف)** .

الميل العرضي بالطريق لا يغني عن الميل الطولي بالطريق فلكلا واجباته حيث يقوم الميل العرضي بتصريف المياه إلى الجوانب.

## ميل المنحدرات :

### 1. في حالة الردم:

نعبر عن ميل المنحدرات بالنسبة بين ارتفاع المنحدر إلى مسافته الأفقية و تختصر على شكل نسبته يمثل فيها الرقم (1) المسافة الشاقولية و الرقم الآخر المسافة الأفقية اللازمة لتحقيق الميل المطلوب.

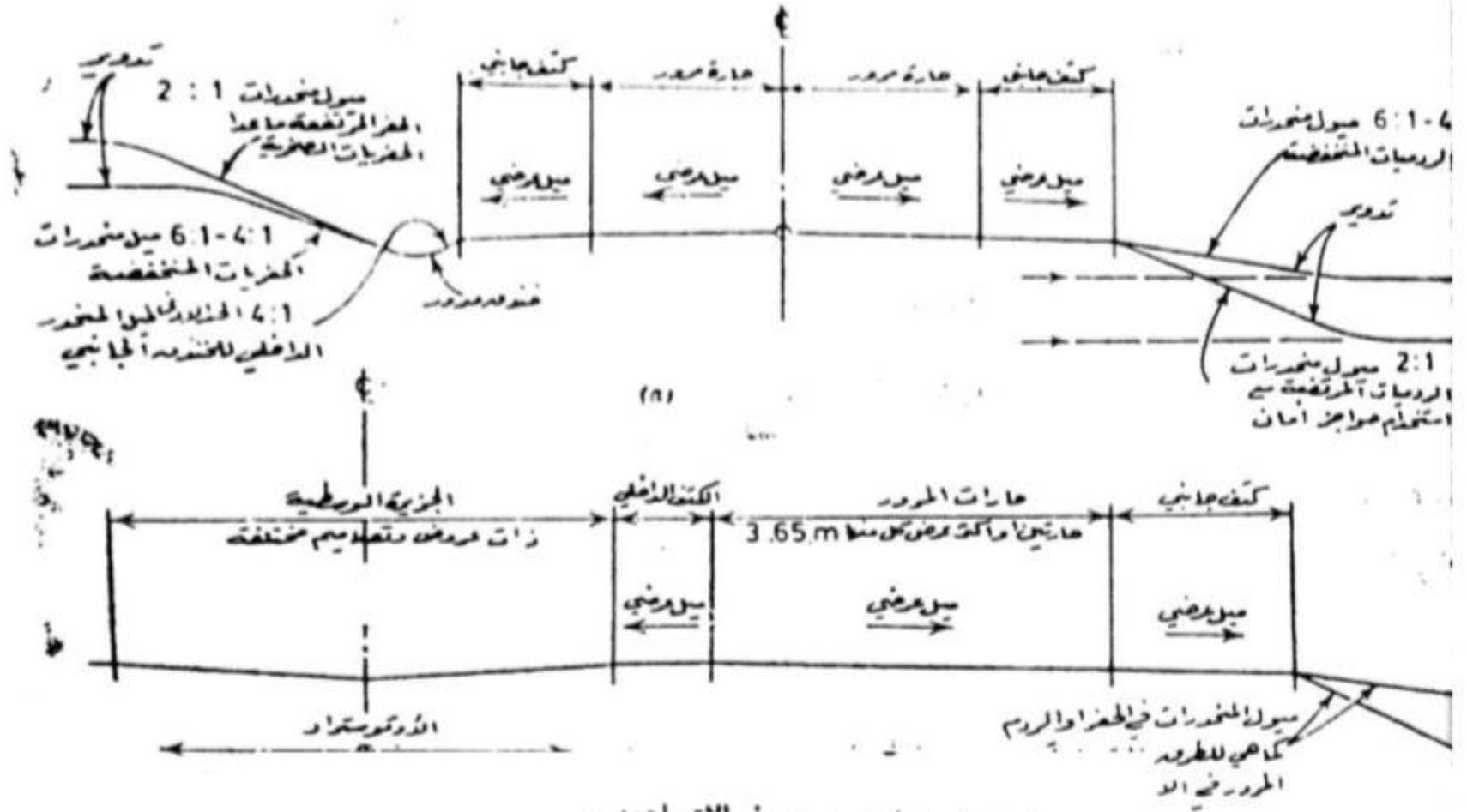
يفضل ان تؤخذ الميول في حالة الردميات قليلة الارتفاع حتى 1.2m بمقدار (1:6) وبهدف زيادة الأمان لحركة السيارات في حال اضطرارها للخروج عن الأكتاف الجانبية للطريق، دون حدوث خطر ما ، كما تساعد هذه الميول الخفيفة بعدم تراكم الثلوج على الطريق في المناطق الباردة والرمال في المناطق الصحراوية.

في حال الردميات يتراوح ارتفاعها من 1.2m حتى 6m تؤخذ هذه الميول بمقدار 1:4

في حال الردميات العالية التي يزيد ارتفاعها عن 6m حيث من غير الممكن خروج السيارة في الحالات الاضطرارية عن الأكتاف الجانبية دون حدوث خطر ما حيث تؤخذ ميول المنحدرات انطلاقا من العوامل الفنية و الاقتصادية لكلفة انشاء الطريق بمقدار (1:2) مع استعمال حواجز أمان على أطراف الأكتاف الجانبية.

كما بينت الخبرة المكتسبة من إنشاء الطرق لمدة طويلة أن الميل 1:2 يسمح بإنشاء منحدرات متوازنة.

من غير الممكن أخذ ميول أكبر من ذلك لمنحدرات الردميات العالية نظرا لإمكانية انزلاقها عندما تكون التربة رطبة ( بعد هطول الأمطار) تحت تأثير وزنها الذاتي او وزن الحمولات الناجمة عن حركة السيارات الاضطرارية على الأكتاف الجانبية



- a - طريق ذو حارتي مرور في الاتجاهين .
- b - اتوستراد ذو حارات مرور متعددة في كل اتجاه (نصف مقطع) .

## 2. في حالة الحفر:

أيضا نعبر عن ميل المنحدرات بالنسبة بين ارتفاع المنحدر إلى مسافته الأفقية .  
في حال الحفريات فيتم انشاء الطابق التراي بحيث يتراوح ميل المنحدرات الخارجية من (1:6) حتى (1:4) للارتفاعات القليلة حتى 6m و 1:2 للارتفاعات التي تزيد عن ذلك.  
والمنحدرات الداخلية دوما تؤخذ ميلها 1:4.  
أما قيم ميل المنحدرات الواقعة في المناطق الصخرية سهلة التفتت أو التي تتأثر مقاومتها نتيجة إشباعها بالماء فتتراوح من (1:0.2) حتى (1:2) وذلك حسب سهولة تفتتها نتيجة تعرضها للعوامل الطبيعية وخواصها الفيزيائية والميكانيكية وكذلك عمق الحفريات.

ويتم صرف مياه الأمطار عن سطح الطريق و المنحدرات الخارجية عندما يكون الطريق في حالة الحفر بواسطة خنادق جانبية ذات شكل مثلثي أو شبه منحرف ويتم تحديد أبعاد هذه الخنادق و ميولها انطلاقا من غزارة المياه الواجب تصريفها واعتبارات الأمان وتؤخذ الخنادق عادة بعمق لا يقل عن 20cm من طرف الطابق الترابي ( أسفل الغطاء) أما ميول المنحدرات الداخلية للخنادق تؤخذ بمعدل 1:4

حتى لا تتجمع المواد الناجمة عن تفتت سطوح المنحدرات شديدة الميل في خنادق الطريق الجانبية للطرق التي يكون عمق الحفريات فيها يزيد عن (6m) فمن المفضل إنشاء مصطبة بعرض بين (1-2m) بين طرف الخندق الخارجي و طرف المنحدر السفلي للحفريات ، حيث يجري تنظيفها بشكل دوري أثناء استثمار الطريق .

## المآخذ الجانبية :

تكون المآخذ الجانبية على جوانب الطريق (تربة) والتي تستطيع أخذ منها التربة القابلة للردم ، ولكن إن لم تكن مناسبة للردم فإننا نحضر التربة من مكان يدعى غرف الاستعارة وهي غرف يتم فيها تخزين التربة القابلة للردم لكي نستطيع استخدامها وقت الحاجة.

لا يزيد ارتفاع المآخذ الجانبية من طرف واحد أو من طرفي الطريق وذلك حسب الشروط المحلية لمنطقة الطريق ويجب الحرص قدر الإمكان على أخذ عرض المآخذ الجانبية بشكل ثابت لمسافات طويلة نسبيا.

في حال عدم التمكن لأي سبب من الأسباب من الحصول على هرم للطريق ، مما لا يترك مجالا لاستخدام المآخذ الجانبية فيتم إنشاء المقطع العرضي في هذه لحالة من تربة مجلوبة من موقع الحفريات أو غرف استعارة بعيدة .