

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG  
TRƯỜNG ĐẠI HỌC BÁCH KHOA

**PHAN CAO THỌ**

*BÀI GIẢNG*

# **CÔNG TRÌNH ĐƯỜNG Ô TÔ**



## MỞ ĐẦU

**Tập bài giảng Công trình đường ô tô bao gồm 2 phần với 7 chương:**

*Phần 1: Trình bày các vấn đề về cơ sở tính toán thiết kế các hạng mục của đường ô tô, cấu tạo và các phương pháp thiết kế cơ bản các bộ phận của từng hạng mục thuộc công trình đường ô tô từ các yếu tố hình học Bình đồ trắc dọc, trắc ngang đến các yếu tố cơ học như nền, mặt và công trình thoát nước. Ngoài ra giáo trình cũng trình bày các vấn đề thuộc về nội dung và trình tự lập dự án đầu tư xây dựng đường ô tô cũng như các phân tích kinh tế và tài chính của dự án.*

*Phần 2: Trình bày những nguyên tắc cơ bản trong thiết kế tổ chức thi công và thiết kế kỹ thuật thi công đường ô tô. Các phương pháp tổ chức thi công đường ô tô và thiết kế tổ chức thi công đường ô tô.*

*Nội dung trình bày 50 tiết lý thuyết và 10 tiết bài tập, thảo luận. Với thời gian không nhiều lại phải thu tóm nhiều nội dung của cả phần chuyên môn thiết kế - thi công, yêu cầu sinh viên phải nghiên cứu trước bài giảng, các giáo trình, tài liệu tham khảo để nâng cao khả năng tiếp thu kiến thức, kỹ năng tính toán thông qua đồ án môn học.*

*Nội dung bài giảng sẽ được chúng tôi cập nhật thường xuyên theo yêu cầu của thực tế và tiến bộ khoa học công nghệ.*

*Những vấn đề cần trao đổi thảo luận xin được gửi về Bộ môn Đường ô tô – đường thành phố, Khoa xây dựng Cầu đường, trường Đại học Bách khoa, Đại học Đà Nẵng tầng 3 Khu A, 54 Nguyễn Lương Bằng TP Đà Nẵng.*

*Hoặc theo địa chỉ mail: [thophancao@gmail.com](mailto:thophancao@gmail.com).*

## CHƯƠNG 1 : KHÁI NIỆM CHUNG VỀ ĐƯỜNG Ô TÔ

### §1.1 VAI TRÒ CỦA ĐƯỜNG Ô TÔ TRONG GIAO THÔNG VẬN TẢI

Đường ô tô là tổng hợp các công trình, các trang thiết bị nhằm phục vụ giao thông trên đường vì vậy nó có tầm quan trọng rất lớn trong các lĩnh vực kinh tế, chính trị, hành chính, quốc phòng, văn hoá và du lịch. Đường ô tô có vai trò quan trọng trong suốt mọi thời đại, mọi chế độ, mọi nền văn minh trên khắp thế giới. So với các loại hình vận tải khác (đường thủy, đường sắt, đường hàng không ) vận tải trên đường ô tô có các ưu nhược điểm sau :

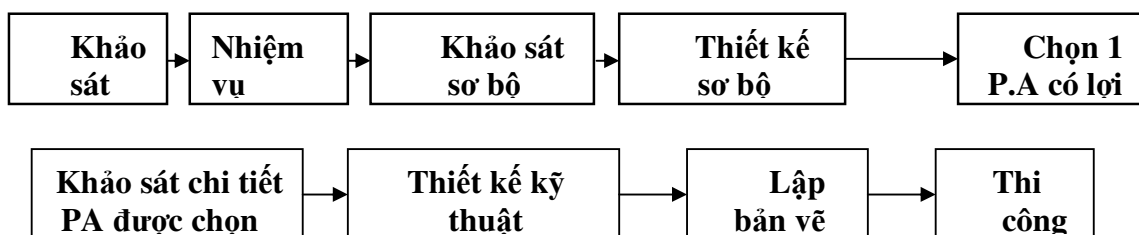
#### Ưu điểm : (nhiều ưu điểm)

- Có tính cơ động cao, vận chuyển trực tiếp hàng hoá, hành khách từ nơi đi đến nơi đến không cần thông qua các phương tiện vận chuyển trung gian .
- Thích ứng với mọi điều kiện địa hình đồi, núi khó khăn .
- Tốc độ vận chuyển cao hơn đường thủy, tương đương đường sắt .
- Cước phí vận chuyển rẻ hơn đường hàng không .

#### Nhược điểm :

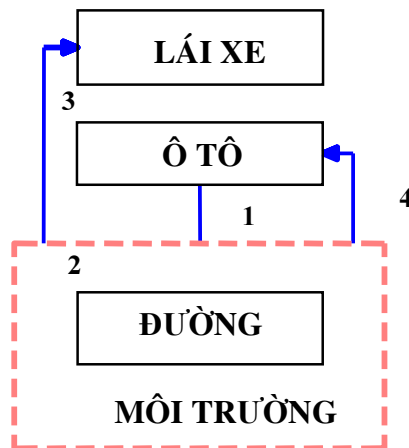
- Tai nạn giao thông.
- Tải trọng nhỏ, tiêu hao nhiên liệu nhiều do đó giá thành vận chuyển cao hơn đường sắt và đường thủy .

### QUÁ TRÌNH HÌNH THÀNH TUYẾN ĐƯỜNG Ô TÔ



## §1.2 HỆ THỐNG KHAI THÁC VẬN TẢI Ô TÔ VÀ MỐI QUAN HỆ GIỮA CÁC BỘ PHẬN TRONG HỆ THỐNG

2.1 . Hệ thống khai thác vận tải ô tô : (còn gọi là hệ thống khai thác tổng thể đường ô tô – **ВАДС**: ВОДИТЕЛЬ - АВТОМАБИЛЬ - ДОРОГА- СРЕДА )



2.2. Mối quan hệ giữa các bộ phận trong hệ thống : (8 mối quan hệ cơ bản)

a. Mối quan hệ giữa “ Ô tô - Đường ô tô “ :

Mối quan hệ này là cơ sở đề xuất các yêu cầu của việc chạy xe đối với các yếu tố của đường , N/C mối quan hệ này để đi đến quy định cụ thể các *chỉ tiêu kỹ thuật của tuyến đường và các giải pháp thiết kế* .

b. Mối quan hệ giữa “Môi trường bên ngoài - Đường ô tô “ :

Môi trường bên ngoài chính là điều kiện tự nhiên (địa hình, địa mạo, địa chất, thủy văn . . . ) và sự phân bố dân cư . Nghiên cứu mối quan hệ này để xác định *vị trí của tuyến đường và các giải pháp thiết kế để đảm bảo tính ổn định và bền vững của công trình*

c. Mối quan hệ giữa “Môi trường bên ngoài - Người lái xe “ :

Nghiên cứu mối quan hệ này để biết được ảnh hưởng của môi trường xung quanh đến tâm - sinh lý của người lái xe

d. Mối quan hệ giữa “ Đường - Ô tô “ :

Mối quan hệ này nói lên ảnh hưởng của chất lượng đường đến các chỉ tiêu khai thác vận tải của ô tô (tốc độ, lượng tiêu hao nhiên liệu, năng suất của ô tô . .)

Kết luận: Nghiên cứu các quan hệ này để đề ra các giải pháp thiết kế hợp lý nhằm tạo ra tuyến đường có khả năng phục vụ tốt, đạt hiệu quả cao (an toàn, tiện nghi và kinh tế - SCE)

### §1.3 MẠNG LƯỚI ĐƯỜNG Ô TÔ – PHÂN LOẠI, PHÂN CẤP ĐƯỜNG

#### 4.1. Mạng lưới đường ô tô :

1.1 Mạng lưới đường Quốc lộ : Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn của quốc gia .

Ví dụ: Quốc lộ 1A : Lạng Sơn - Nam bộ

- Quốc lộ 5 : Hà Nội - Hải Phòng

1.2. Mạng lưới đường địa phương (tỉnh, huyện, xã) : Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá của địa phương (tỉnh, huyện, xã).

1.3. Các chỉ tiêu đánh giá mức độ phát triển của mạng lưới đường (MLĐ) ô tô :

+ **Mật độ đường / 1000 km<sup>2</sup> lãnh thổ:**

- Đối với các nước phát triển 250 ( 1000 km/1000km<sup>2</sup>
- Đối với các nước đang phát triển 100 ( 250 km/1000km<sup>2</sup>
- Đối với các nước chậm phát triển <100 km/1000km<sup>2</sup>

+ **Chiều dài đường / 1000 dân:**

Mức trung bình khi đạt được 3-5 km đường có lớp mặt cấp cao/1000 dân.

+ **Chiều dài đường / 1 phương tiện giao thông:**

- Chiều dài đường > 50m cho một ô tô là phù hợp.
- Chiều dài đường 20 ( 50m cho một ô tô là cần bổ sung.
- Chiều dài đường < 20m cho một ô tô là quá thấp.

#### 4.2. Cấp hạng của đường :

Việc phân cấp hạng của đường là cần thiết giúp cho công tác quản lý, khai thác và thiết kế, tính toán các chỉ tiêu kỹ thuật.

**Đối với đường ô tô thông thường thuộc mạng lưới đường quốc gia**

Theo tiêu chuẩn thiết kế đường ô tô TCVN 4054 - 05 cấp hạng của đường ô tô được quy định như sau :

*Bảng 1-1*

<b>Cấp đường</b>	<b>Lưu lượng xe thiết kế (xcqđ/nđ)</b>	<b>Chức năng của đường</b>
Cao tốc	> 25.000	- Đường trục chính, thiết kế theo TCVN 5729 : 97.
Cấp I	> 15.000	- Đường trục chính nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn của đất nước. - Có dải phân cách giữa, có khống chế một phần các cửa ra vào, còn có nút giao thông cùng mức. - Về hành chính thường là đường quốc lộ
Cấp II	6000 ÷ 15000	- Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn của địa phương và nối với đường cao tốc, đường cấp I. - Có thể là quốc lộ hoặc đường tỉnh.
Cấp III	> 1000	- Đường nối các trung tâm kinh tế, chính trị, văn hoá lớn của địa phương và nối với đường cao tốc, đường cấp I, cấp II. - Có thể là quốc lộ, đường tỉnh hay đường huyện.
Cấp IV	≥ 500	- Đường nối các trung tâm của địa phương. Đường nối các điểm lập hàng, các khu dân cư. - Có thể là quốc lộ, đường tỉnh, đường huyện hay đường xã.
Cấp V	< 500	- Đường phục vụ giao thông địa phương ở các vùng núi. - Đường huyện hay đường xã.

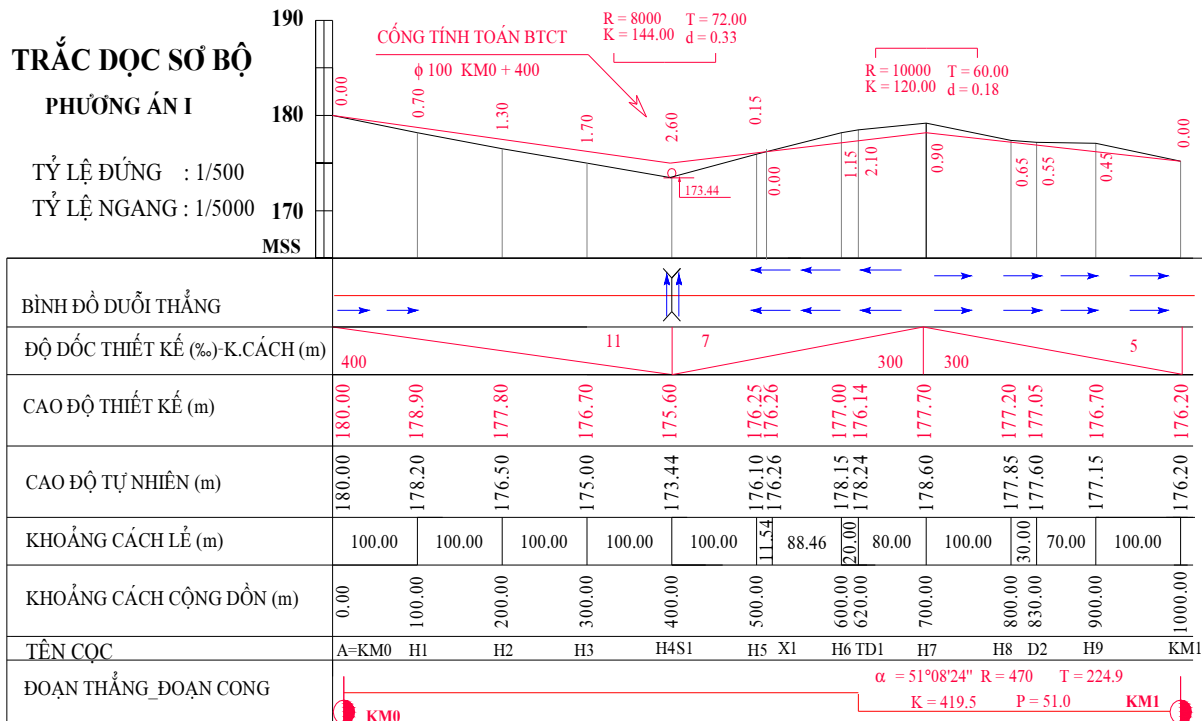
<b>Cấp hạng</b>	<b>I</b>	<b>II</b>	<b>III</b>		<b>IV</b>		<b>V</b>		<b>VI</b>
Địa hình	ĐB, Đ	ĐB, Đ	ĐB, Đ	Núi	ĐB, Đ	Núi	ĐB, Đ	Núi	Núi
Tốc độ tính toán V <sub>tt</sub> (km/h)	120	100	80	60	60	40	40	30	20

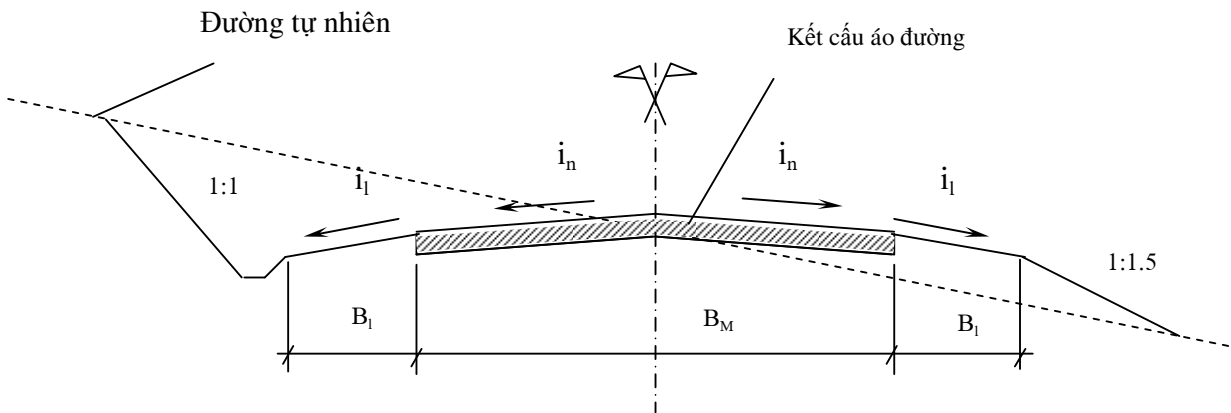
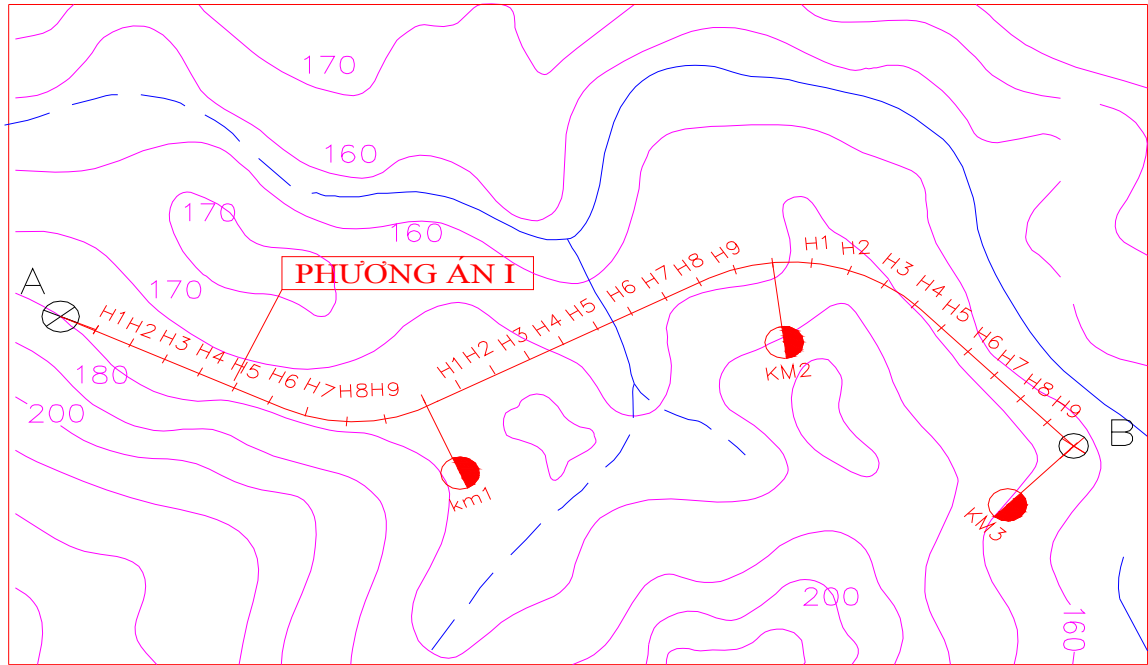
Đối với đường cao tốc: theo tiêu chuẩn TCVN 5729-97 Thiết kế đường cao tốc.

Đối với đường đô thị: theo TCXDVN 104-2007- Đường đô thị - yêu cầu thiết kế  
Giới thiệu tiêu chuẩn của một số nước: Nga, Mỹ, Pháp, Canada, Úc, Nhật và Trung quốc...

### §1.4 CÁC YẾU TỐ CƠ BẢN CỦA ĐƯỜNG Ô TÔ

- 5.1. Tuyến đường : Là đường nối giữa các tim đường , do điều kiện tự nhiên tuyến đường gồm các đoạn thẳng, đoạn cong nối tiếp nhau .
- 5.2. Bình đồ : Là hình chiếu của tuyến đường trên mặt phẳng nằm ngang cùng với địa hình thể hiện bằng các đường đồng mức.
- 5.3. Trắc dọc : Là mặt cắt thẳng đứng dọc theo tuyến đường đã được duỗi thẳng .
- 5.4. Trắc ngang : Là hình chiếu các yếu tố của đường lên hình chiếu thẳng góc với tim đường.
- 5.5 Các công trình nền, mặt, thoát nước, gia cố và chống đỡ.





## CHƯƠNG 2: CÁC YẾU TỐ HÌNH HỌC CỦA TUYẾN ĐƯỜNG Ô TÔ

### §2.1 MỘT SỐ VẤN ĐỀ VỀ SỰ CHUYỂN ĐỘNG CỦA Ô TÔ TRÊN ĐƯỜNG

#### 2.1.1 CÁC LỰC TÁC DỤNG LÊN Ô TÔ KHI CHUYỂN ĐỘNG

+ Lực kéo.

+ Lực cản:

- Lực cản lăn  $P_f$ .
- Lực cản không khí  $P_w$ .
- Lực cản lên dốc  $P_i$ .
- Lực cản quán tính  $P_j$ .

#### *Lực cản của xe trên đường*

##### *a. Lực cản lăn $P_f$ :*

Khi xe chạy tại các điểm tiếp xúc giữa bánh xe và mặt đường, xuất hiện lực cản lăn. Lực này ngược chiều với chiều chuyển động của xe.

Lực cản lăn sinh ra do :

- - Biên dạng của lốp xe .
- - Do xe bị xung kích và chấn động trên mặt đường không bằng phẳng.
- - Do ma sát trong các ổ trục của bánh xe.

Thực nghiệm cho thấy lực cản lăn tỷ lệ với trọng lượng tác dụng lên bánh xe :

$$P_f = G \cdot f \quad (2-1)$$

Trong đó:

$G$  : Trọng lượng của xe (KG)

$P_f$  : Lực cản lăn (KG)

$f$  : Hệ số sức cản lăn

#### Hệ số sức cản lăn :

- Phụ thuộc chủ yếu vào **loại mặt đường**.
- Phụ thuộc vào độ cứng của lớp xe.
- Trong điều kiện lớp xe cứng, tốt, hệ số sức cản lăn trung bình phụ thuộc vào loại mặt đường như sau ( $f_0$ ) :
- Bảng 2-1

<b>Loại mặt đường</b>	<b>Hệ số lực cản lăn <math>f_0</math></b>
- - Bê tông xi măng và BTN	0.01 ÷ 0.02
- Đá dăm và cuội sỏi đen	0.01 ÷ 0.025
- Đá dăm trắng	0.03 ÷ 0.05
- Đường lát đá	0.04 ÷ 0.05
- Đường đất khô và bằng phẳng	0.04 ÷ 0.05
- Đường đất ẩm và không bằng phẳng	0.07 ÷ 0.15
- Đường cát khô, rời rạc	0.15 ÷ 0.30

\* Khi tốc độ xe chạy nhỏ hơn 50 km/h thì hệ số sức cản lăn không phụ thuộc vào vận tốc :  $f = f_0$ .

\* Khi tốc độ xe chạy lớn hơn 50 km/h thì hệ số sức cản lăn phụ thuộc vào vận tốc.

$$f = f_0 [1 + 0,01(V-50)] \quad (2-2)$$

Trong đó  $V$  : tốc độ xe chạy (km/h )

**b. Lực cản không khí:**

Nguyên nhân sinh ra lực cản không khí :

- - Khối không khí trước xe bị ép lại.
- - Do ma sát giữa không khí và thành xe .
- - Do khối không khí chân không ngay phía sau xe hút lại.

Công thức xác định lực cản không khí :  $P_w = C.\rho.F.V^2$  (2-3)

Trong đó :

$F$  : Diện tích cản trở  $F = 0,8.B.H$  ( $m^2$ ). (2-4)

$B, H$  : Bề rộng và chiều cao của xe (m).

$V$  : Tốc độ tương đối của xe, tức là phải kể đến tốc độ của gió, trong tính toán coi tốc độ của gió bằng không,  $V$  là tốc độ của ô tô (m/s).

$C$  : Hệ số phụ thuộc vào hình dạng của ô tô.

$\rho$ : Mật độ không khí (kg/m<sup>3</sup>).

Để đơn giản lấy F:

- - Đối với xe tải và xe buýt  $F = 3- 5,5 \text{ m}^2$ .
- - Đối với xe con  $F = 1,5- 2,8 \text{ m}^2$ .

Gọi  $K=C$ . ( là hệ số sức cản không khí phụ thuộc vào từng loại xe:

- - Xe tải  $K = 0,06 - 0,07$ .
- - Xe buýt  $K = 0.04 - 0.06$ .
- - Xe con  $K = 0.025 \div 0.035$ .
- Khi vận tốc gió  $V_{\text{gió}} = 0$  thì  $P = \dot{G}$  (km/h). (2-5)
- Khi vận tốc gió  $V_{\text{gió}} = 0$  thì  $P = \dot{G}$  (2-6)

\*Trong trường hợp xe có rơmooc thì sức cản P( tăng lên từ (25(30%

**c .Lực cản lên dốc  $P_i$  :**

$$P_i = \pm G. \sin\alpha. \quad (2-7)$$

Do  $\alpha$  , xem gần đúng  $\sin\alpha = \text{tg}\alpha = i$ .

$$\Rightarrow P_i = \pm G.i. \quad (2-8)$$

Trong đó:

i: là độ dốc dọc của đường.

Lấy dấu “ + “ khi lên dốc.

Lấy dấu “ - “ khi xuống dốc.

**d .Lực cản quán tính  $P_j$  :**

Lực cản quán tính :

$$P_j = m.j \text{ (KG)}. \quad (2-9)$$

Trong đó:

m: là khối lượng của xe (kg).

$$m = \frac{G}{g} \quad (2-10)$$

G: Trọng lượng.

g: Gia tốc trọng trường.

j: là gia tốc quán tính , j có thể (+) hoặc (-) (2-11)

Để kể đến sức cản quán tính của các bộ phận quay:

$$P_j = \pm \delta \cdot \frac{G}{g} \cdot \frac{dV}{dt} \quad (2-12)$$

Trong đó:

$\delta$ : là hệ số kể đến sức cản quán tính của các bộ phận quay.

$$\delta = 1,03 \div 1,07$$

***e .Tổng lực cản tác dụng lên ô tô :***

Khi xe chạy trên đường nó chịu tác dụng của tổng lực cản  $P_c$

$$P_c = P_f + P_\omega + P_i + P_j \quad (2-13)$$

$$P_c = P_\omega + G.f \pm G.i \pm \delta \frac{G}{g} \frac{dV}{dt} \quad (2-14)$$

**Lực kéo của ô tô:**

Do quá trình đốt cháy nhiên liệu trong động cơ -> nhiệt năng -> được chuyển hóa thành công năng của công suất hiệu dụng  $N$ , công suất này tạo nên một mômen  $M$  tại trục khuỷu của động cơ.

**2.1.2 PHƯƠNG TRÌNH CHUYỂN ĐỘNG VÀ ĐẶC TÍNH ĐỘNG LỰC CỦA Ô TÔ.**

***Phương trình chuyển động:***

Điều kiện để ô tô chuyển động:

$$P_c < P_k \quad (2-21)$$

$$\Rightarrow P_k > P_f + P_\omega + P_i + P_j$$

$$P_k - P_\omega > P_f + P_i + P_j$$

$$P_k - P_\omega > G.f \pm G.i \pm \delta \frac{G}{g} \frac{dV}{dt} \quad (2-22)$$

Gọi (2-22) là phương trình chuyển động của ô tô.

**Đặc tính động lực của ô tô :**

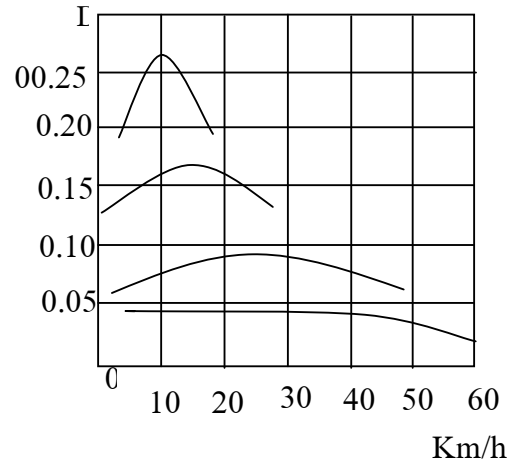
Từ công thức (2-22) ta có :

$$\frac{P_k - P_\omega}{G} > f \pm i \pm \frac{\delta}{g} \frac{dV}{dt} \quad (2-23)$$

$$\frac{P_k - P_\omega}{G} > f \pm i \pm j.$$

Đặt  $D = (P_k - P_\omega)/G$  là **nhân tố động lực của ô tô**

**Nhân tố động lực của ô tô** là sức kéo của ô tô trên một đơn vị trọng lượng sau khi trừ đi sức cản không khí, nhân tố động lực phụ thuộc số vòng quay của động cơ. Qua các tỷ số truyền động, tính được giá trị  $D$  phụ thuộc vào tốc độ  $V$ . Quan hệ này được thể hiện bằng biểu đồ nhân tố động lực. Các đường cong được lập khi bướm ga của động cơ mở hoàn toàn hay bơm nhiên liệu động cơ diezen mở hoàn toàn.



\*Xét trường hợp xe chạy với tốc độ đều  $V = \text{const}$

$$\Rightarrow \frac{dV}{dt} = 0$$

$$D > f \pm i \quad (2-24)$$

Trong đó:

$D$ : Nhân tố động lực của ô tô.

$f$ : Hệ số sức cản lăn.

$i$ : Độ dốc dọc.

Vế trái của ( 2-24 ) phụ thuộc vào ô tô

Vế phải của (2-24) phụ thuộc vào **điều kiện đường (conditional road, geometric road)**

\* **Nhận xét:**

Nếu biết tổng sức cản tác dụng lên ô tô thì dựa vào công thức (2-24) chúng ta có thể xác định được tốc độ chuyển động lớn nhất tương ứng với các loại ô tô chạy trên đường và tốc độ đó gọi là tốc độ cân bằng.

Biểu đồ biểu thị quan hệ giữa  $D$  và  $V$ ,  $D = f(V)$  ứng với các chuyển số khác nhau được gọi là biểu đồ nhân tố động lực của ô tô .

Dựa vào công thức (2-24) ta có các bài toán sau:

- *Xác định  $i_{dmax}$  cho các loại xe khi biết tốc độ thiết kế.*
- *Xác định tốc độ xe chạy lý thuyết của các loại xe khi biết độ dốc dọc của đường.*
- *Vẽ biểu đồ tốc độ xe chạy lý thuyết của các loại xe.*

### 2.1.3 LỨC BÁM CỦA BÁNH XE VỚI MẶT ĐƯỜNG

Trường hợp tại A không có phản lực T (phản lực của đường tác dụng vào lốp xe) thì tại A không tạo nên một tâm quay tức thời. Như vậy  $M_k$  không chuyển thành  $P_k$  ( bánh xe sẽ quay tại chỗ).

Phản lực T gọi là lực bám giữa bánh xe với mặt đường và T là một lực bị động.

- Giá trị lực T phụ thuộc vào  $P_k$  . Khi  $P_k$  tăng thì T cũng tăng theo và T không thể tăng mãi được, T tăng đến giá trị  $T_{max}$  (lực bám lớn nhất). Nếu tiếp tục tăng  $P_k > T_{max}$  thì điểm tiếp xúc không trở thành tâm quay tức thời được và bánh xe sẽ quay tại chỗ hoặc trượt dai trên đường. Do đó điều kiện để xe chuyển động được là:

$$P_k \leq T_{max} \quad (2-25)$$

$$T_{max} = \varphi \cdot G_k \quad (2-26).$$

Trong đó:

$\varphi$ : là hệ số bám giữa bánh xe với mặt đường, phụ thuộc vào tình trạng của mặt đường và điều kiện xe chạy.

Bảng 2-2

Tình trạng mặt đường	Điều kiện xe chạy	$\varphi$
Khô sạch	Rất thuận lợi	0,7
Khô sạch	Bình thường	0,5
Ám, bẩn	Không thuận lợi	0,25-0,3

$G_k$ : trọng lượng của xe trên trục chủ động.

Với xe con:  $G_k = (0,5 - 0,55)G$

Với xe tải:  $G_k = (0,65 - 0,75)G$

G: Tải trọng toàn xe

$$\text{Từ (2-25) và (2-26) } \Rightarrow P_K < \varphi \cdot G_K \quad (2-27)$$

Trừ hai vế của (2-27) cho sức cản không khí:

$$P_K - P_{\omega} \leq \varphi \cdot G_K - P_{\omega}$$

$$D = \frac{P_K - P_{\omega}}{G} \leq \frac{\varphi \cdot G_K - P_{\omega}}{G}$$

Kết hợp cả 2 điều kiện lực cản và lực bám ta được :

$$f \pm i < D \leq \frac{\varphi \cdot G_K - P_{\omega}}{G} \quad (2-28)$$

\* Nhận xét : Nghiên cứu sức bám của bánh xe với mặt đường để tìm các giải pháp nâng cao độ nhám của mặt đường, tăng an toàn giao thông.

## 2.2 BÌNH ĐỒ TUYẾN (Horizontal alignment or Tracé en plan)

### 2.2.1 ĐẶC ĐIỂM XE CHẠY TRÊN ĐƯỜNG CONG NẴM.

Khi chạy trong đường cong, xe phải chịu những điều kiện bất lợi:

1 - Xe phải chịu thêm lực ly tâm. Lực này đặt ở trọng tâm của xe, hướng nằm ngang, chiều từ tâm đường cong ra ngoài, có trị số:

$$C = \frac{m \cdot V^2}{R} \quad (2-29)$$

Trong đó:

m: Khối lượng của xe. [ kg ]

V: tốc độ của xe. [ m/s ]

R: Bán kính đường cong tại

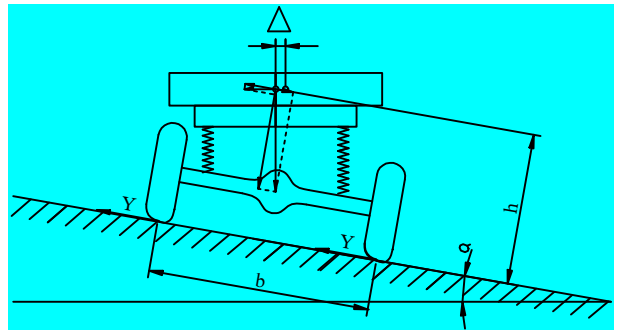
nơi tính toán. [ m ]

Lực ly tâm có thể gây lật xe, gây trượt ngang, làm tiêu tốn nhiên liệu,

**hao mòn xăm lốp, gây cho việc điều khiển xe khó khăn, làm khó chịu cho hành khách.**

2 - Bề rộng phần xe chạy lớn hơn so với đường thẳng.

3 - Tầm nhìn của người lái xe bị hạn chế.



Do đó yêu cầu đặt ra ở đây là nghiên cứu các biện pháp thiết kế để cải thiện các điều kiện bất lợi trên .

### 2.2.2 LỰC NGANG VÀ HỆ SỐ LỰC NGANG

**Lực ngang :**

Gọi Y là tổng lực ngang tác dụng lên ô tô khi chạy trên đường cong:

$$Y = C.\cos\alpha \pm G.\sin\alpha. \quad (2-30)$$

“ + “ khi xe chạy ở phía lưng đường cong

“ - “ khi xe chạy ở phía bụng đường cong

Do góc ( nhỏ nên xem gần đúng ta có:

$$\cos\alpha \approx 1, \sin\alpha \approx \text{tg}\alpha \approx i_n$$

$$\Rightarrow Y = C \pm G.i_n$$

$$Y = \frac{G.V^2}{g.R} \pm i_n G \quad [ V(\text{m/s})] \quad (2-31)$$

$$\frac{Y}{G} = \frac{V^2}{127.R} \pm i_n \quad [ V(\text{km/h})] \quad (2-32)$$

Đặt  $\mu = Y/ G$  là hệ số lực ngang (Lực ngang tác dụng trên một đơn vị trọng lượng xe)

$$\mu = \frac{V^2}{127.R} \pm i_n \quad (2-33)$$

**Xác định hệ số lực ngang  $\mu$  :**

Lực ngang Y hay hệ số lực ngang  $\mu$  có thể gây ra những ảnh hưởng xấu cho ô tô:

- Làm xe bị lật
- Làm xe bị trượt ngang.
- Gây cảm giác khó chịu với hành khách và người lái.
- Làm tiêu hao nhiên liệu và hao mòn xăm lốp.

Theo điều kiện ổn định chống lật :

$$Y = \frac{G.V^2}{g.R} \pm i_n \quad M_{\text{lật}} = Y.h; \quad M_{\text{giữ}} = G.\cos\alpha$$

Để xe không bị lật:  $G \cdot (\frac{b}{2} - \Delta) \geq Y \cdot h$  (2.34)

Trong đó: b là khoảng cách giữa hai bánh xe.

Y: lực ngang.

$\Delta$ : Độ lệch tâm so với tâm hình học của xe  $\Delta=0,2 \cdot b$

$\Rightarrow 0,3 \cdot G \cdot b \geq Y \cdot h$

$0,3b/h = Y/G$  ( tỉ số b/h phụ thuộc từng loại xe )

Xe con  $\frac{b}{h} = 2 \div 3$

Xe buýt , xe tải  $b/h = 1,7 - 2,2$

Để đơn giản lấy  $b/h = 2$

$\Rightarrow \mu \leq 0,3 \cdot 2 = 0,6$

$\mu \leq 0,6.$

Theo điều kiện ổn định chống trượt ngang :

$Q = \sqrt{Y^2 + P^2}$

Điều kiện để xe không trượt:

$\sqrt{Y^2 + P^2} = Q \leq G \cdot \varphi$

Trong đó:

G: Tải trọng tác dụng trên bánh xe.

$\varphi$  : Hệ số bám giữa bánh xe với mặt đường

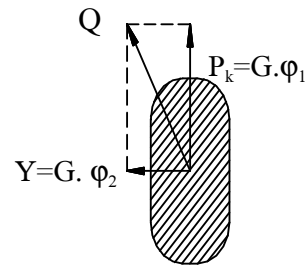
$\varphi = \sqrt{\varphi_1^2 + \varphi_2^2}$

$\varphi_1$ : Hệ số bám dọc =(0,7 - 0,8)  $\varphi$

$\varphi_2$ : Hệ số bám ngang =(0,6 - 0,7)  $\varphi$

Khi đó:  $Y/G \leq \varphi_2$  và  $\mu = \frac{Y}{G} \leq \varphi_2$  (2-35)

Khi mặt đường khô, sạch  $\varphi = 0,6$        $\varphi_2 = 0,36$        $\mu \leq 0,36$



Diện tích vệt bánh xe

Khi mặt đường ẩm, sạch  $\varphi = 0,4$        $\varphi_2 = 0,24 \Rightarrow \mu \leq 0,24$

Khi mặt đường ẩm, bẩn  $\varphi = 0,2$        $\varphi_2 = 0,12$        $\mu \leq 0,12$

c. Theo Điều kiện êm thuận và tiện nghi đối với hành khách:

Khi  $\mu \leq 0,1$  : hành khách chưa cảm nhận xe vào đường cong.

Khi  $\mu = 0,1 - 0,15$  : hành khách bắt đầu cảm nhận có đường cong và rất khó chịu.

Khi  $\mu = 0,15 - 0,2$  : hành khách cảm thấy vô cùng khó chịu.

Về phương diện êm thuận của hành khách  $\mu \leq 0,1$

d. Theo điều kiện tiêu hao nhiên liệu và xăm lốp:

Khi chạy trên đường cong bánh xe phải hợp với trục dọc một góc  $\delta$ . Do có lực ly tâm, bánh xe lệch sang một bên và khi quay không quay hết góc  $\delta$  được mà chịu một góc lệch  $\delta$  so với trục chuyển động của xe.  $\delta$  càng lớn thì tiêu hao xăm lốp càng nhiều.

Muốn giảm nhẹ tiêu hao này thì  $\mu \leq 0,1$ .

Kết luận : Để đảm bảo điều kiện ổn định và tiện nghi khi xe vào đường cong nằm, khi thiết kế chúng ta sử dụng hệ số lực ngang  $\mu$  như sau:

- Khi điều kiện địa hình thuận lợi nên chọn  $\mu \leq 0,1$ .
- Trong điều kiện khó khăn cho phép  $\mu = 0,15$  ( khi này phải dùng độ dốc siêu cao lớn nhất)
- Trong điều kiện cực kỳ khó khăn cho phép lấy giá trị lớn nhất của  $\mu = 0,20$  (khi này phải dùng giải pháp thiết kế đường cong con rắn)

## 2.2.3 XÁC ĐỊNH BÁN KÍNH ĐƯỜNG CONG NẴM NHỎ NHẤT

2.2.3.1. Theo điều kiện về hệ số lực ngang :

Có bố trí siêu cao:

$$R_{\min} = \frac{v^2}{g(\mu + i_{sc}^{\max})} = \frac{V^2}{127(\mu + i_{sc}^{\max})} \quad (2-36)$$

Không bố trí siêu cao:

$$R_{\min}^{ksc} = \frac{v^2}{g(\mu - i_n)} = \frac{V^2}{127(\mu - i_n)} \quad (2-37)$$

2.2.3.2. Theo điều kiện đảm bảo tầm nhìn ban đêm :

$$R_{\min} = \frac{30S_1}{\alpha} \quad (2-38)$$

Trong đó :

$S_1$  : Tầm nhìn một chiều [m]

$\alpha$  : Góc chiếu sáng của pha đèn ô tô. [ 2 độ ]

2.2.4 SIÊU CAO (superelevation or pdévers)

**2.2.4.1 Siêu cao và độ dốc siêu cao :**

**Từ công thức xác định hệ số lực ngang**

$$\mu = \frac{V^2}{127.R} \pm i_n$$

Để giảm có các biện pháp sau:

- Tăng R.
- Giảm V.
- Làm dốc ngang một mái về phía bụng đường cong (siêu cao)

a. Mục đích của việc bố trí siêu cao:

- Nhằm giảm hệ số lực ngang  $\mu$
- Tăng tốc độ xe chạy
- Tăng mức độ an toàn xe chạy.

b. Độ dốc siêu cao:

+ Độ dốc siêu cao :  $i_{sc} = i_n \rightarrow i_{scmax}$

Trong đó :  $i_n$  là độ dốc ngang của mặt đường ( %)

$i_{scmax}$  là độ dốc siêu cao lớn nhất ( %)

+ Xác định độ dốc siêu cao lớn nhất trên cơ sở của công thức sau:

$$i_{sc} = \frac{V^2}{n.g.R} \quad (2-39)$$

Độ dốc siêu cao ứng với các bán kính đường cong nằm (TCVN4054-05)

Tốc độ tính toán km/h	Độ dốc siêu cao							Không làm siêu cao
	8	7	6	5	4	3	2	
100	400 ÷ 450	450 ÷ 500	500 ÷ 550	550 ÷ 650	650 ÷ 800	800 ÷ 1000	1000 ÷ 4000	≥ 4000
80	250 ÷ 275	275 ÷ 300	300 ÷ 350	350 ÷ 425	425 ÷ 500	500 ÷ 650	650 ÷ 2500	≥ 2500
60	-	125 ÷ 150	150 ÷ 175	175 ÷ 200	200 ÷ 250	250 ÷ 300	300 ÷ 1500	≥ 1500
40	-	-	60 ÷ 75		75 ÷ 10		100 ÷ 600	≥ 600
30	-	-	30 ÷ 50		50 ÷ 75		75 ÷ 350	≥ 350
20	-	-	25 ÷ 50		50 ÷ 75	75 ÷ 150	-	≥ 150

#### 2.2.4.2. Cấu tạo độ dốc siêu cao:

- Đoạn nối siêu cao được thực hiện với mục đích chuyển hóa một cách điều hòa từ trắc ngang thông thường hai mái sang trắc ngang đặc biệt có siêu cao.

Sự chuyển hóa sẽ tạo ra một độ dốc phụ  $i_p$ .

Chiều dài đoạn nối siêu cao:

$$L_n = \frac{i_{sc}(B+E)}{i_p} \quad (2-40)$$

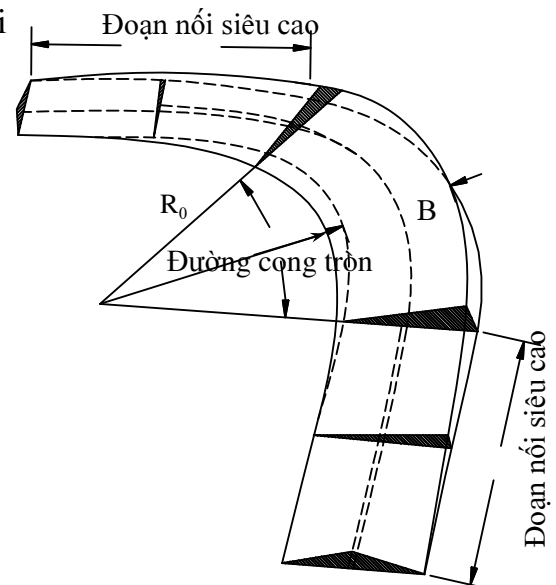
Trong đó:

B: Bề rộng mặt đường.

E: Độ mở rộng mặt đường trong đường cong.

$i_p$ : Độ dốc dọc phụ cho phép

Lấy  $i_p = 1\%$  khi  $V = 20(40 \text{ km/h})$ .



Lấy  $i_p = 0,5\%$  khi  $V (60 \text{ km/h})$ .

\* Việc chuyển hóa được tiến hành như sau :

Trước khi vào đoạn nối siêu cao, cần một đoạn 10m để vượt cho lề đường có cùng độ dốc ngang của mặt đường in sau đó tiến hành theo 1 trong 3 phương pháp sau :

1. Quay mái mặt đường và lề đường phải lưng đường cong quanh tim đường cho mặt đường trở thành một mái với độ dốc tối thiểu rồi tiếp tục quay quanh tim cho tới khi cả mặt đường đạt độ dốc siêu cao (thường dùng với đường thành phố có bề rộng phần xe chạy hẹp).

2. Quay mặt đường và lề đường phải lưng đường cong quanh tim đường cho mặt đường trở thành một mái với độ dốc tối thiểu, sau đó quay quanh mép trong mặt đường cho đến khi đạt đến độ dốc siêu cao (phương pháp này khối lượng đào đắp nhiều nên thường dùng cho đường ngoài thành phố)

3. Khi phần xe chạy lớn hơn 7m có thể thực hiện bằng cách quay quanh 1 trục ảo cách mép phần xe chạy 7m.

## 2.2.5 ĐƯỜNG CONG CHUYỂN TIẾP (Transition curve or courbe de transition).

### **2.2.5.1 Mục đích của việc thiết kế đường cong chuyển tiếp:**

Khi xe chạy từ đường thẳng vào đường cong, phải chịu các thay đổi:

- Bán kính từ  $\infty$  chuyển bằng R.
- Lực ly tâm tăng từ 0 đến C
- Góc  $\delta$  hợp giữa trục bánh xe trước và trục sau xe từ 0 đến  $\delta$ .

Những biến đổi đột ngột đó gây cảm giác khó chịu cho người lái xe và hành khách. Để đảm bảo có sự chuyển biến điều hòa về lực ly tâm, về góc ( và về cảm giác của hành khách cần phải có một đường cong chuyển tiếp giữa đường thẳng và đường cong tròn. Đồng thời làm cho tuyến hài hòa hơn, tầm nhìn đảm bảo hơn.

### 2.2.5.2 Xác định chiều dài của đường cong chuyển tiếp:

\* Các giả thiết: Giả thiết 1 là tốc độ xe chạy trên đường cong chuyển tiếp không đổi và bằng tốc độ thiết kế. Giả thiết 2 là trên chiều dài đường cong chuyển tiếp, gia tốc ly tâm thay đổi từ 0 đến  $v^2/R$  đồng thời bán kính đường cong thay đổi đều từ  $\rho = 0$  tới  $R$ , tỷ lệ bậc nhất với chiều dài đường cong chuyển tiếp.

- Gọi  $I$  là độ tăng gia tốc ly tâm trên đường cong chuyển tiếp  $I = \text{const}$

-  $t$  là thời gian xe chạy trên đường cong chuyển tiếp.

$$I = \frac{V^2}{R \cdot t} \quad (\text{m/s}^3)$$

$$t = \frac{L_{ct}}{V} \quad (\text{s})$$

$$\Rightarrow I = \frac{v^3}{R \cdot L_{ct}}$$

$$\Rightarrow L_{ct} = \frac{V^3}{R \cdot I} \quad [V \text{ (m/s)}] \quad (2-41)$$

$$L_{ct} = \frac{V^3}{47 \cdot R \cdot I} \quad [V \text{ (km/h)}] \quad (2-42)$$

Trong đó:

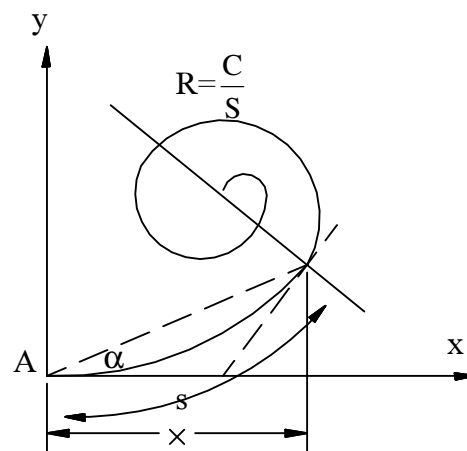
- $V$ : tốc độ xe chạy [km/h]
- $R$ : Bán kính đường cong năm.
- $I$ : Độ tăng gia tốc ly tâm ( $\text{m/s}^3$ ).

Theo quy trình Mỹ :  $I = 0,3(0,9 \text{ m/s}^3)$

Theo quy trình Pháp :  $I = 0,65(1 \text{ m/s}^3)$

Theo quy trình Việt Nam :  $I = 0,5 \text{ m/s}^3$

$$L_{ct} = \frac{V^3}{23,5 \cdot R} \quad (2-43)$$



\* Lưu ý:

Khi đường cong vừa có  $L_n$ ,  $L_{ct}$  thì bố trí đoạn vượt nổi và chuyển tiếp trùng nhau và lấy cùng một chiều dài:  $L = \max [ L_{ct} , L_n ]$

**Phương trình của đường cong chuyển tiếp:**

Xét một điểm bất kỳ trên đường cong chuyển tiếp. Có chiều dài tính từ gốc tọa độ  $S$ , bán kính  $\rho$ :

$$S = \frac{V^3}{47 \cdot \rho \cdot I} \quad (2-44)$$

Gọi  $C = v^3 / I = \text{const}$

$$\Rightarrow S = \frac{C}{\rho} \text{ hay } \rho = \frac{C}{S}$$

Đây là phương trình đường cong **clothoide** hay còn gọi là **đường xoắn ốc Euler**.

$$\text{Đặt } C = A^2 = R \cdot L_{ct}$$

$$\Rightarrow S = \frac{A^2}{\rho} \quad (2-45)$$

Trong đó:

A: Gọi là thông số của đường cong clothoide:

$$A = \sqrt{R \cdot L_{ct}} \text{ (m)} \quad (2-46)$$

A lớn: đường cong thoải

A nhỏ: đường cong gấp

A quyết định dạng của đường cong.

**Phương trình thông số ở hệ tọa độ Descarte:**

Phương trình  $\rho = C/S$  là phương trình trong hệ tọa độ độc cực, chuyển sang dạng tọa độ vuông góc Đêcác:

$$\begin{aligned} x &= S - \frac{S^5}{40 \cdot A^4} + \frac{S^9}{3456 \cdot A^8} - \dots \\ y &= \frac{S^3}{6 \cdot A^2} - \frac{S^7}{336 \cdot A^6} + \frac{S^{11}}{42240 \cdot A^{10}} - \dots \end{aligned} \quad (2-47)$$

Đây là chuỗi có tính hội tụ nhanh chỉ cần tính với hai số hạng đầu là đủ.

**Phương pháp cắm đường cong chuyển tiếp: ( 7 bước- xem GT TKĐ 1-GS Đỗ Bá Chương – NXB GD 2006 )**

1/ Tính các yếu tố cơ bản của đường cong tròn theo góc  $\alpha$  và bán kính R:

- Tiếp tuyến của đường cong
- Chiều dài đường cong
- Phân cự

2/ Tính toán chiều dài đường cong chuyển tiếp:  $L_{ct}$

3/ Tính góc kẹp giữa đường thẳng và tiếp tuyến ở cuối ĐCCT:

$$\varphi_0 = \frac{L_{ct}}{2R} \text{ phải thỏa mãn điều kiện } \alpha \geq 2 \varphi_0 . \text{ Nếu không thỏa mãn thì phải tăng } R$$

hoặc giảm chiều dài đường cong chuyển tiếp.

4/. Xác định tọa độ điểm cuối của đường cong chuyển tiếp:

Hoặc tra bảng (3-8).

$$x_0 = S - \frac{S^5}{40.A^4} + \frac{S^9}{3456.A^8} - \dots$$

$$y_0 = \frac{S^3}{6.A^2} - \frac{S^7}{336.A^6} + \frac{S^{11}}{42240.A^{10}} - \dots$$

Với  $AL'$

e. Xác định các chuyển dịch  $p'$  và  $t$ :

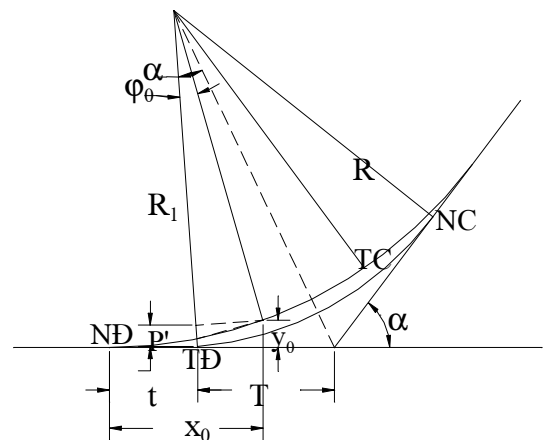
$$p' = y_0 - R(1 - \cos \varphi_0)$$

$$t = x_0 - R \sin \varphi_0$$

$p'$  nhỏ ít ảnh hưởng và thực tế không có ý nghĩa (điều kiện  $p > R/100$ ).

5/. Xác định điểm bắt đầu và điểm kết thúc của đường cong chuyển tiếp  $ND, NC$  mới với  $T = t + T$ .

- Xác định các phần còn lại của đường cong chuyển tiếp:



$$T_0 = R_0 \operatorname{tg} \frac{\alpha_0}{2}$$

$$K_0 = \frac{\pi \cdot \alpha_0 \cdot R_1}{180}$$

$$P_0 = R_1 \left( \frac{1}{\cos \frac{\alpha_0}{2}} - 1 \right)$$

Tọa độ điểm đầu và điểm cuối:

$$TĐT_1 = ND = Đ - (t + T)$$

$$TCT_1 = NC = NĐ + K_0 + 2Lct$$

$K_0$ : Chiều dài đường cong cơ bản :

$$K_0 = \frac{\pi \cdot \alpha_0 \cdot R_1}{180}$$

6/ *Cắm các điểm trung gian của đường cong chuyển tiếp:*

Khi có khoảng cách S

$$x_s = S - \frac{S^5}{40 \cdot A^4} + \frac{S^9}{3456 A^8} - \dots$$

$$y_s = \frac{S^3}{6 A^2} - \frac{S^7}{336 A^6} + \frac{S^{11}}{42240 A^{10}} - \dots$$

Công việc tính toán phức tạp nên có thể sử dụng bảng 3-8/P50/TKĐ Tập 1 hoặc 7-5/P193/TKĐ Tập 4

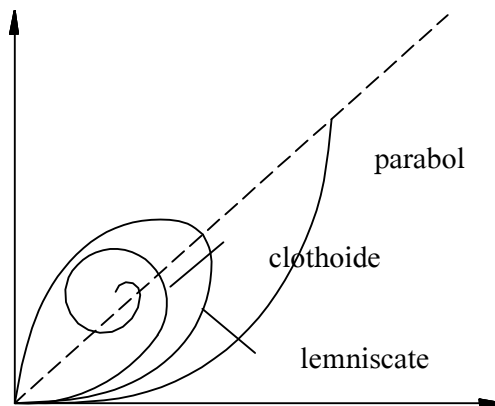
**Các dạng đường cong thay thế :**

Nếu trong phương trình độ cực:

- Thay  $S = a$  ( a là dây cung ) ta sẽ được phương trình lemniscate:

$$\rho = 3 \cdot C \cdot \sin 2\omega$$

- Thay  $S = x$  ( x là hoành độ ) ta sẽ có phương trình parabol bậc 3:



$$y = y = \frac{x^3}{6A^2}$$

+ Khi  $\varphi_0 \leq 24^0$  phương trình lemniscate thường được sử dụng trong các nút giao thông khác mức

### 2.2.6 MỞ RỘNG PHẦN XE CHẠY TRÊN ĐƯỜNG CONG

Khi xe chạy trên đường cong, trục sau cố định luôn luôn hướng tâm, còn bánh trước hợp với trục sau 1 góc, nên yêu cầu chiều rộng phần xe chạy phải lớn hơn so với trên đường thẳng.

$$\text{Độ mở rộng của một làn xe : } e_1 = \frac{L^2}{2R} \quad (2-48)$$

Trong đó:  $e_1$  là độ mở rộng.

$L$  : Chiều dài tính toán từ trục sau của xe đến giảm xóc đằng trước

$R$  : Bán kính đường cong.

Để tính toán độ lắc ngang của xe khi xe chuyển động ta phải bỏ sung:

$$e_1 = \frac{L^2}{2R} + \frac{0,05.V}{\sqrt{R}} \quad (2-49)$$

#### Độ mở rộng phần xe chạy :

Khi có 2 làn xe trở lên thì tính gần đúng:

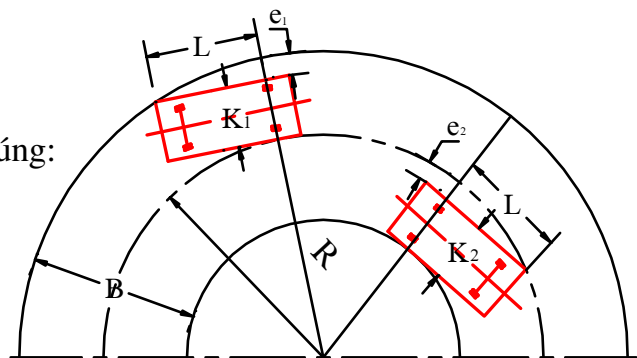
$$E = e_1 + e_2 = \frac{L^2}{R} + \frac{0,1.V}{\sqrt{R}} \quad (2-50)$$

Khi có n làn xe:

$$E = n.e \quad (2-51)$$

$e$  : độ mở rộng của một làn xe.

$n$  : số làn xe.



\* Lưu ý:

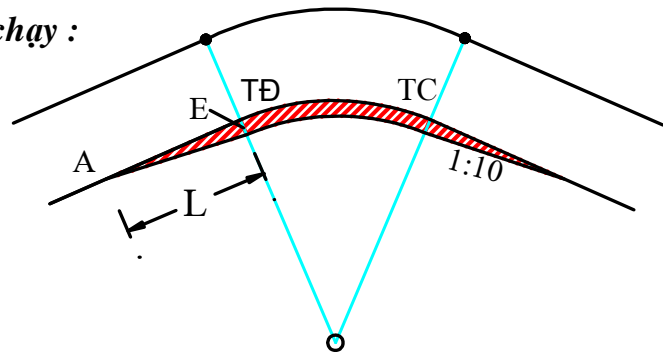
- Với những trường hợp đặc biệt (có thể có xe kéo moóc, xe trở vật rất dài...) phải có sự tính toán riêng

- Khi mở rộng đường cong nên mở rộng về phía bụng. Trong một số trường hợp phải mở rộng về phía lưng.

Độ mở rộng theo TCVN 4054-05 (bảng 12 )

Dòng xe	Bán kính đường cong nằm (m)							
	250 ÷ 200	200 ÷ 150	150 ÷ 100	100 ÷ 70	70 ÷ 50	50 ÷ 30	30 ÷ 25	25 ÷ 15
Xe con	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,8	2,2
Xe tải	0,6	0,7	0,9	1,2	1,5	2,0	-	-
Xe moóc tỳ	0,8	1,0	1,5	2,0	2,5	-	-	-

. Phương pháp mở rộng phần xe chạy :



## 2.3 TRẮC DỌC ĐƯỜNG Ô TÔ (Longitudinal section or Profil en long)

### 2.3.1 Xác định độ dốc dọc của đường.

#### 2.3.1.1 Xác định độ dốc dọc lớn nhất $i_{dmax}$ :

+ Theo điều kiện cơ học :  $P_k > P_c$  (2-53)

$P_k < T$  (2-54)

Trong đó :

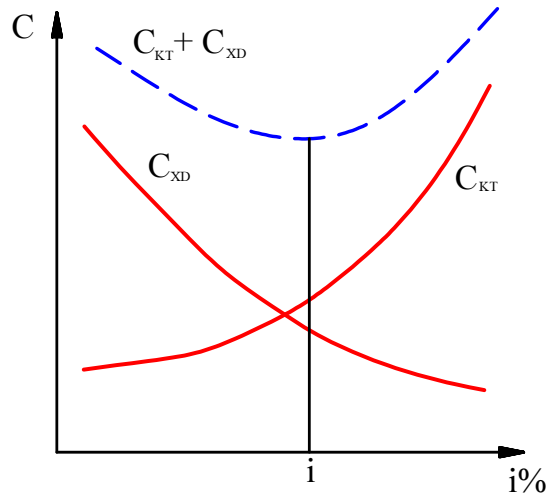
$P_k$  : Sức kéo của xe

$P_c$  : Tổng sức cản tác dụng lên ô tô

$T$  : Sức bám giữa bánh xe với mặt đường

+ Theo điều kiện kinh tế : Tổng chi phí xây dựng và khai thác là nhỏ nhất

$\Sigma(C_{XD} C_{KT}) \rightarrow \min$  (2-55)



Hình 2... : Cơ sở xác định độ dốc dọc

Bảng 2.1: Theo TCVN 4054 - 05 độ dốc dọc lớn nhất cho phép như sau :

Cấp hạng	I	II		III		IV		IV
Địa hình	Đồng bằng	Đồng bằng, đồi	Núi	Đồng bằng, đồi	Núi	Đồng bằng, đồi	Núi	Núi
$I_{dmax}$ %	4	5	7	6	8	7	9	10

2.3.1.2 Xác định độ dốc dọc nhỏ nhất  $i_{dmin}$  : Xác định theo điều kiện đảm bảo thoát nước trong rãnh biên ( rãnh dọc ) :

Nền đường đắp cao ( không có rãnh biên )  $i_{dmin} = 0 \%$

Nền đường đắp thấp, nửa đào-nửa đắp, nền đào (có rãnh biên)  $i_{dmin}=0,5\%$  cá biệt

$$i_{dmin} = 0,3\%$$

### 2.3.1.3 Chiều dài đoạn dốc

Chiều dài đoạn dốc lớn nhất : Phụ thuộc vào tốc độ tính toán và độ dốc dọc

*Bảng 2.2 :Chiều dài lớn nhất của dốc dọc (m)*

$i_{dmax}$ Dốc dọc %	Tốc độ tính toán km/h	20	30	40	60	80	100
	4		1200	1100	1100	1000	900
5		1000	900	900	800	700	-
6		800	700	700	600	-	-
7		700	600	600	500	-	-
8		600	500	500	-	-	-
9		400	400	-	-	-	-
10		300	-	-	-	-	-

**Chiều dài đoạn dốc nhỏ nhất :** Để hạn chế trắc dọc dạng răng cưa và có thể bố trí hai đường cong đứng thì chiều dài đoạn dốc tối thiểu như sau:

*Bảng 2.3: Chiều dài tối thiểu đối dốc*

Tốc độ tính toán, km/h	100	80	60	40	30	20
Chiều dài tối thiểu đối dốc, m	250	200	150	120	100	60

**2.3.1.4. Giảm độ dốc dọc trên đường cong nằm :**

Trong đường cong nằm có bán kính cong nhỏ, dốc dọc ghi trong bảng 5.2 phải chiết giảm một lượng quy định trong sau

*Bảng5.4 : Lượng dốc dọc chiết giảm trong đường cong nằm có bán kính nhỏ*

Bán kính cong nằm, m	20 - 25	25 - 30	30 - 35	35 - 50
Dốc dọc phải chiết giảm, %	2,5	2	1,5	1

**2.3.2 Đường cong đứng (Vertical curve – courbe vertical)**

**2.3.2.1 Phạm vi thiết kế đường cong đứng :**

Dựa vào hiệu đại số hai độ dốc dọc liên tiếp

$$|i_1 - i_2| = \Delta i$$

Khi  $\Delta i \leq 5,0 \text{ ‰}$  phải thiết kế đường cong đứng đối với đường cấp I, II

Khi  $\Delta i \geq 10 \text{ ‰}$  phải thiết kế đường cong đứng đối với đường cấp III

Khi  $\Delta i \geq 20 \text{ ‰}$  phải thiết kế đường cong đứng đối với đường cấp IV , V

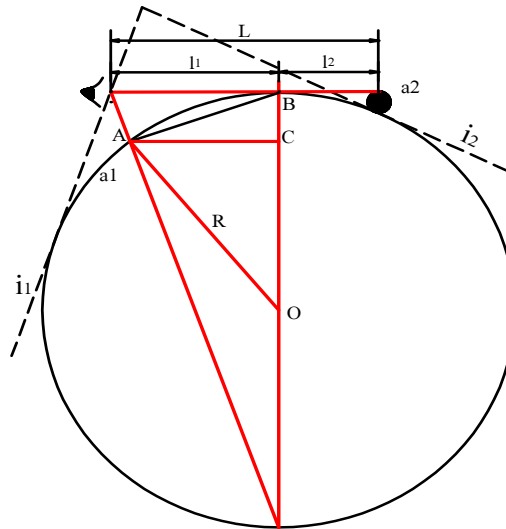
$i$  : lấy dấu "+" "khi lên dốc, lấy dấu "-" khi xuống dốc

### 2.3.2.2 Xác định bán kính tối thiểu của đường cong đứng :

Đường cong đứng lồi ( crest curve)

+ Cơ sở xác định : Căn cứ vào điều kiện tầm nhìn trong đường cong đứng lồi

+ Xác định bán kính tối thiểu của đường cong đứng lồi :



Hình: Sơ đồ xác định bán kính tối thiểu đường cong đứng lồi

Gọi  $d_1, d_2$  là chiều cao mắt người lái xe và chiều cao của vật ( $d_1 = 1,2\text{m}$ )

$L$ : Chiều dài phải nhìn thấy.

$R$ : Bán kính đường cong đứng.

$$\frac{BC}{AC} = \frac{AC}{DC} \Rightarrow AC^2 = BC \cdot DC$$

Do  $R$  rất lớn so với  $d_1, d_2$  xem gần đúng:  $BC \approx d_1$

$$DC = 2R - d_1 \approx 2R$$

$$AC \approx l_1$$

$$l_1 = \sqrt{2Rd_1} ; l_2 = \sqrt{2Rd_2}$$

$$\Rightarrow S = l_1 + l_2 = \sqrt{2Rd_1} + \sqrt{2Rd_2} = \sqrt{2R}(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})$$

$$\frac{1}{R} = \frac{2(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})^2}{S^2} \Rightarrow R = \frac{S^2}{2(\sqrt{d_1} + \sqrt{d_2})^2} \quad (2-56)$$

- Trường hợp vật 2 cố định trên mặt đường và có chiều cao rất nhỏ:  $d_2 \approx 0$

$$R = \frac{S^2}{2(\sqrt{d_1})^2} = \frac{S^2}{2d_1} \quad (2-57)$$

- Trường hợp vật 2 là xe cùng loại với xe 1 :  $d_1 = d_2 = 1,2\text{m}$

$$R = \frac{S_{II}^2}{8d} \quad (2-58)$$

Đường cong đứng lõm ( valley curve)

Cơ sở xác định :

- Theo điều kiện không quá tải đối với lò xo nhíp xe và không khó chịu đối với hành khách ( hạn chế lực ly tâm)
- Theo điều kiện đảm bảo tầm nhìn ban đêm :

**\* Xác định bán kính tối thiểu của đường cong đứng lõm :**

+ Theo điều kiện không quá tải đối với lò xo nhíp xe và không khó chịu đối với hành khách:

Gọi a: là gia tốc ly tâm cho phép  $a = 0,5-0,7m/s^2$

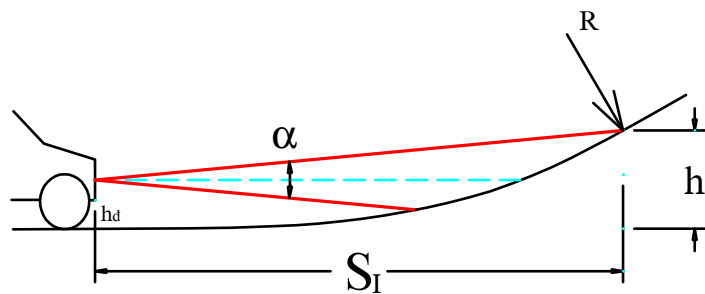
$$a = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{a}$$

Trong đó: v : Vận tốc xe chạy (m/s).

R : Bán kính đường cong đứng lõm (m)

$$R = \frac{V^2}{6,5} \quad (V:km/h) \quad (2-59)$$

+ Theo điều kiện đảm bảo tầm nhìn ban đêm :



Hình 2.: Sơ đồ xác định bán kính tối thiểu đường cong đứng lõm

$$h = h_d + S_I \cdot \sin \frac{\alpha}{2}$$

$$BD = h_d$$

$$\frac{BC}{AC} = \frac{AC}{DC} \Rightarrow AC^2 = BC \cdot DC$$

$$\Rightarrow S_I = 2R \cdot h \Rightarrow R = \frac{S_I^2}{2h} = \frac{S_I^2}{2(h_d + S_I \cdot \sin \frac{\alpha}{2})} \quad (2-60)$$

Trong đó:  $S_I$  : Tầm nhìn một chiều

$h_d$  : Chiều cao đèn

$\alpha$  : Góc chiếu sáng của pha đèn  $\alpha = 2^\circ$

**Bảng : Bán kính tối thiểu của đường cong đứng lồi và lõm theo tiêu chuẩn 4054-05**

Tốc độ tính toán, km/h	100	80	60	40	30	20
Bán kính đường cong đứng lồi, m						
Tối thiểu giới hạn	6000	4000	2500	700	400	200
Tối thiểu thông thường	10000	5000	4000	1000	600	200
Bán kính đường cong đứng lõm, m						
Tối thiểu giới hạn	3000	2000	1000	450	250	100
Tối thiểu thông thường	5000	3000	1500	700	400	200

*Các yếu tố của đường cong đứng :*

+ Độ dài đường cong:  $K = (i_1 - i_2)R$  (2-61)

+ Độ dài đường tang:  $T = R \cdot \frac{(i_1 - i_2)}{2}$  (2-62)

+ Phân cự:  $d = \frac{T^2}{2R} = \frac{K^2}{8R}$  (2-63)

Trong đó : R : bán kính đường cong đứng (m)

$i_1, i_2$  : độ dốc dọc của 2 đoạn dốc liên tiếp

### 2.3.2 TRÌNH TỰ THIẾT KẾ ĐƯỜNG ĐỒ

#### 2.3.2.1 Yêu cầu, nguyên tắc khi thiết kế trắc dọc

- Trắc dọc phải thoã mãn các chỉ tiêu kinh tế kỹ thuật.
- Trắc dọc phải đảm bảo tuyến uốn lượn đều đặn, ít thay đổi độ dốc và nên dùng độ dốc nhỏ nếu địa hình cho phép. Trong điều kiện địa hình khó khăn mới sử dụng các trị số giới hạn ( $i_{dmax}$  ,  $R_{min}$  . . . )
  - Khi thiết kế trắc dọc phải phối hợp với thiết kế bình đồ và thiết kế trắc ngang.
- Thiết kế trắc dọc phải đảm bảo các cao độ các điểm khống chế và cao độ các điểm mong muốn.

- Không nên thiết kế những đường cong nằm bán kính nhỏ dưới chân những đoạn dốc có độ dốc lớn.
- Nên thiết kế đỉnh của đường cong đứng và đỉnh của đường cong nằm trùng nhau. Nếu khó khăn thì không được lệch nhau quá 1/4 chiều dài đường cong ngắn hơn.
- Phải đảm bảo thoát nước cho nền đường đào và nền đường đắp thấp.
- Đáy rãnh dọc nên thiết kế song song với mép nền đường ( $i_d \geq i_{dmin}$ )
- Khi thiết kế trắc dọc phải chú ý đến các điều kiện thi công sau này ( thi công cơ giới hoá hay thi công bằng thủ công)
- Thiết kế trắc dọc phải chú ý để khối lượng đào, đắp tương đương nhau. Đào ở trên cao và đắp ở dưới thấp
- Khi thiết kế nền đắp thấp hơn nền đào nông vì nền đào làm phức tạp việc thoát nước và làm đường bị cách biệt với cảnh quan.

### 2.3.2. 2 Xác định các điểm khống chế :

Cao độ khống chế là cao độ buộc đường đô phải đi qua hoặc cao độ đường đô phải cao hơn một cao độ tối thiểu, hoặc cao độ đường đô phải thấp hơn một cao độ tối đa nào đó.

#### ***Các điểm khống chế buộc đường đô phải đi qua :***

- Điểm đầu và điểm cuối của tuyến .
- Điểm giao nhau với các đường giao thông khác có cấp hạng cao hơn .
- Điểm giao nhau với đường sắt .
- Cao độ các đoạn tuyến đi qua khu dân cư
- Cao độ mặt cầu

#### ***Các điểm khống chế buộc đường đô phải cao hơn :***

- Cao độ tối thiểu trên cống thoát nước
  - + Đối với cống tròn: Cao độ thiết kế nhỏ nhất ( $H_{min}^{TK}$ ) được chọn giá trị lớn nhất trong hai điều kiện sau:
    - Mép nền đường cao so mực nước ngập  $\geq 0,5m$
    - Khoảng cách từ đỉnh cống đến đáy kết cấu áo đường  $\geq 0,5m$
  - + Đối với cống vuông, cống chữ nhật: Cao độ thiết kế nhỏ nhất  $H_{min}^{TK}$  lấy ngay trên đỉnh cống mà không cần đất đắp trên cống
- Cao độ tối thiểu tại các đoạn tuyến ven sông, đầu cầu, những đoạn ngập nước, nước ngầm hoạt động cao, nền đắp trên đất yếu...

**Các điểm không chế buộc đường dốc phải thấp hơn :**

- Tại nút giao nhau khác mức do không chế cao độ của đường chạy trên
- Tại nơi không chế cao độ đường dây điện cao thế

**2.3.2.3 Các điểm mong muốn (needle level) :** Là cao độ thoả mãn hàm mục tiêu của người thiết kế trên cơ sở của điều kiện địa hình, tính chất dòng xe... thường chọn hàm mục tiêu là giá thành XD nhỏ nhất, nghĩa là tận dụng khối lượng đất đào đắp nền đường thông qua diện tích đào và diện tích đắp tại mỗi mặt cắt ngang tương đương nhau. Cũng có thể dùng hàm mục tiêu là giá thành XD các công trình chống đỡ đảm bảo tính ổn định của nền đường được đưa ra giữa các phương án làm và không phải làm công trình chống đỡ gia cố.

Để xác định được hình dạng của nền đường và chiều cao  $h_{\text{đào}}$ ,  $h_{\text{đắp}}$  mong muốn tại mỗi đoạn cần phân trắc dọc thành những đoạn có độ dốc như sau để xác định cao độ của những điểm mong muốn (cao độ chỉ đạo )

$i_s < 20\%$  dùng dạng nền đắp và 1/2 đào đắp

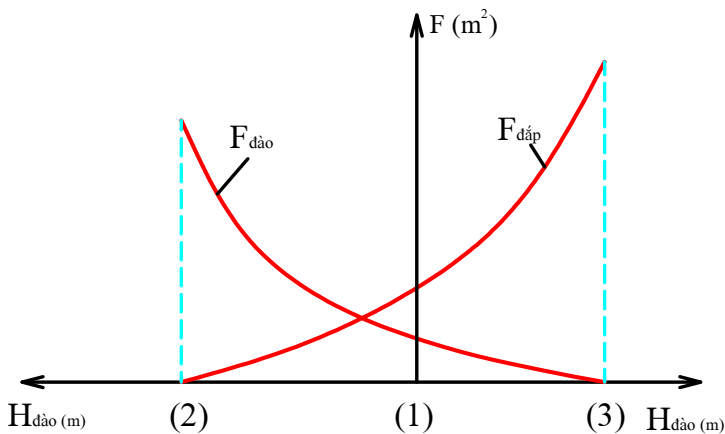
$20\% \leq i_s \leq 30\%$  dùng dạng nền nửa đào, nửa đắp

$i_s > 30\%$  dạng trắc ngang chữ L hoặc thiên về phần đào nhiều hơn .

Để xác định cao độ mong muốn cho từng đoạn trắc dọc (hoặc từng cọc đại diện ) tại nơi có  $F_{\text{đào}} = F_{\text{đắp}}$  sẽ xác định được trắc ngang kinh tế .

(1) :  $F_{\text{đào}} = F_{\text{đắp}}$

(2) : Đào hoàn toàn, (3) : Đắp hoàn toàn



Hình : Đồ thị quan hệ giữa  $F_{\text{đào}}$  và  $F_{\text{đắp}}$  tại cọc đặc trưng cho đoạn địa hình

### 2.3.2.4 Các phương pháp thiết kế trắc dọc : (2 phương pháp )

- + Phương pháp đường bao: Sử dụng đối với đường ở vùng đồng bằng và đường nâng cấp, cải tạo
- + Phương pháp đường cắt: Sử dụng đối với đường thiết kế mới ở vùng đồi - núi

### 2.3.2.5 Trình tự thiết kế trắc dọc

**Bước 1:** Xác định cao độ những điểm không chế và điểm mong muốn.

**Bước 2:** Sơ bộ vạch đường đồ phải thỏa mãn các yêu cầu và nguyên tắc nêu ở mục 2.3.2.1

**Bước 3:** + Phân trắc dọc thành những đoạn đặc trưng về độ dốc dọc của đường đồ. Xác định cao độ các điểm đầu của đoạn dốc, sau đó tính toán định trị số dốc dọc cho đoạn đó một cách chính xác ( yêu cầu bắt buộc phải chẵn phần nghìn chứ không phải làm tròn).

- + Tính cao độ của điểm đầu, sau đó chuyển cao độ đường đồ ở những cọc tiếp theo cho tới điểm cuối dốc.
- + Kiểm tra lại các yêu cầu của đường đồ, điều chỉnh lại nếu thấy cần thiết.
- + Tính chiều cao đào đắp đất ở tất cả các cọc.
- + Xác định vị trí các điểm xuyên để phục vụ cho việc tính toán khối lượng công tác sau này. Trong thiết kế đường gặp hai trường hợp tính toán điểm xuyên sau :

Đường đồ là đường dốc thẳng : (hình )

$$X_1 = l_1 \frac{h_1}{h_1 + h_2} \quad (m) \quad (2-64)$$

Đường đồ là đường cong đứng:

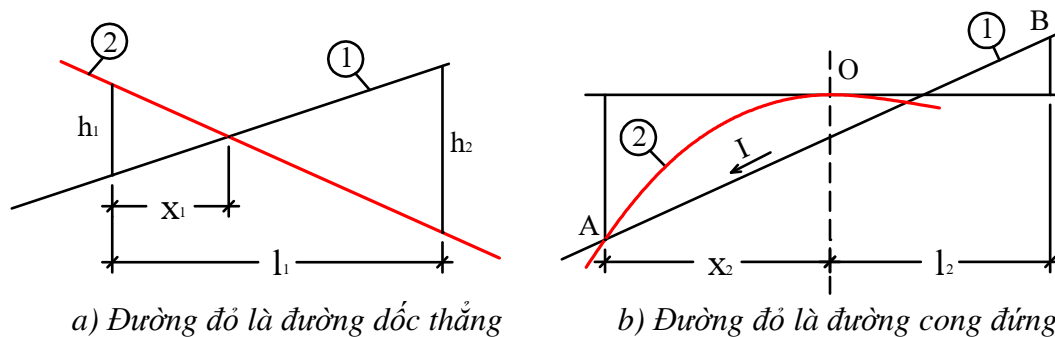
$$X_2 = R.I \pm \sqrt{R^2 I^2 + 2R(l_2.I - h)} \quad (m) \quad (2-65)$$

Trong đó:  $X_1$ - Khoảng cách từ các cọc có chiều cao đào hay đắp là  $h_1, h_2$

$l_1$ : Khoảng cách giữa hai cọc ( chọn 2 cọc gần điểm xuyên)

$h, h_2$  : Chiều cao đào, đắp tại 2 cọc gần điểm xuyên

$X_2$ : Khoảng cách tính từ điểm xuyên tới điểm 0 có độ dốc  $i = 0$  trên đường cong đứng;  $l_2$ : Khoảng cách tính từ điểm O tới cọc chi tiết gần nhất;  $I$  : Độ dốc tự nhiên của đất



a) Đường đò là đường dốc thẳng

b) Đường đò là đường cong đứng

Hình : Sơ đồ tính điểm xuyên

## 2.4 TRẮC NGANG ĐƯỜNG ÔTÔ (Cross section – Profil en travers)

Trắc ngang là hình chiếu các yếu tố của đường lên hình chiếu thẳng góc với tim đường. Các yếu tố trên trắc ngang gồm :

- Phần xe chạy (Carriage way)
- Lề đường ( shoulder = verge)
- Dải phân cách (median strip)
- Dải đất dự trữ (reserved strip)
- Rãnh biên (side ditch)
- Taluy (slope) và độ dốc taluy

Ngoài ra trên mặt cắt ngang còn có thể hiện đoạn tránh xe, làn xe phụ cho xe tải leo dốc, hành lang bảo vệ...

### 2.4.1 BỀ RỘNG CÁC YẾU TỐ TRÊN TRẮC NGANG

#### 1. Bề rộng phần xe chạy :

**Định nghĩa :** Phần xe chạy là bộ phận của nền đường được tăng cường bằng một hay nhiều lớp vật liệu để chịu tác dụng trực tiếp của tải trọng xe chạy và các điều kiện tự nhiên. Bề rộng phần xe chạy có ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng dòng xe, tốc độ xe chạy, khả năng thông hành và an toàn giao thông. Bề rộng phần xe chạy phụ thuộc vào : chiều rộng số làn xe, số làn xe, tổ chức giao thông

#### *Chiều rộng của 1 làn xe*

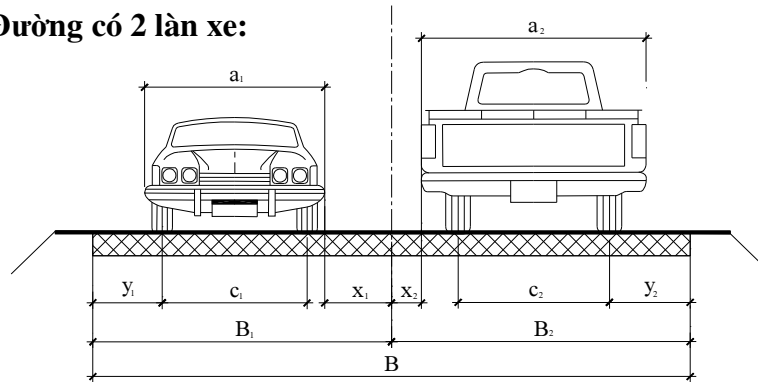
Làn xe là không gian đủ rộng để xe chạy nối nhau theo 1 chiều, đảm bảo an toàn với vận tốc thiết kế, bề rộng làn xe là không gian tối thiểu để chứa xe và 2 khoảng dao động ngang của xe

Bề rộng của một làn xe phụ thuộc vào kích thước của xe, vận tốc của xe và vị trí của làn xe trong mặt đường. Kích thước hoặc vận tốc xe càng lớn thì chiều rộng của một làn xe càng lớn. Xe có kích thước càng lớn thì vận tốc càng nhỏ và ngược lại.

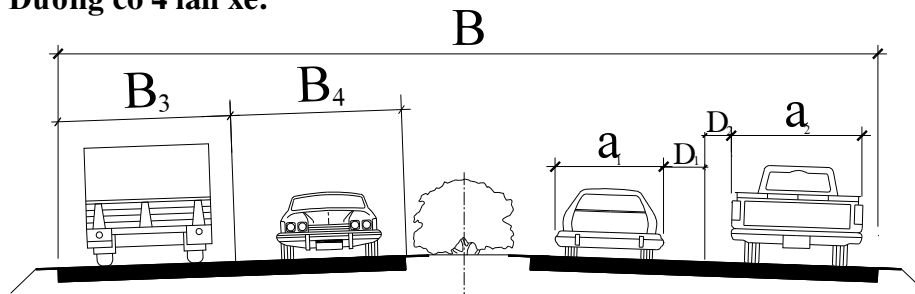
Vì vậy khi tính chiều rộng của một làn xe chúng ta phải tính cho hai trường hợp xe con và xe tải nặng.

Xét về vị trí xe trong trục ngang mặt đường có thể có các loại sau đây:

a) Đường có 2 làn xe:

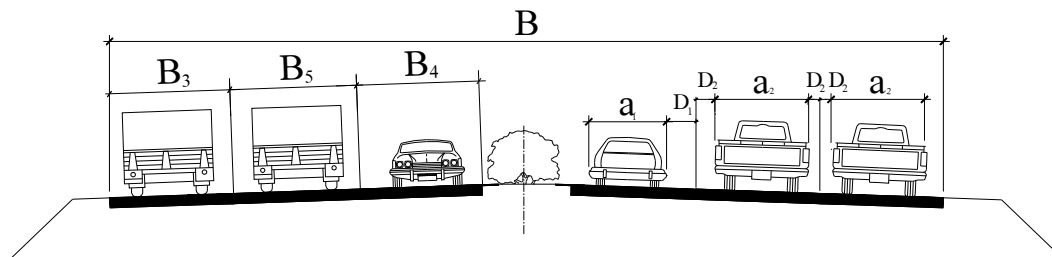


b) Đường có 4 làn xe:



Hình : Mặt cắt ngang đường 4 làn xe

c) Đường có 6 làn xe:



Hình : Mặt cắt ngang đường 6 làn xe

$$B_1 = \frac{a_1 + c_1}{2} + x_1 + y_1 \quad (2-66)$$

$$B_2 = \frac{a_2 + c_2}{2} + x_2 + y_2 \quad (2-67)$$

$$B_3 = \frac{a_1 + c_1}{2} + D_1 + y_1 \quad (2-68)$$

$$B_4 = \frac{a_2 + c_2}{2} + D_2 + y_2 \quad (2-69)$$

$$B_5 = a_2 + 2D_2 \quad (2-70)$$

Trong đó:

- a : Bề rộng thùng xe(m)
- c : Khoảng cách tim hai bánh xe (m)
- x, D: Khoảng cách từ sườn thùng xe đến làn xe bên cạnh(m)
- y : Khoảng cách từ tim bánh xe ngoài đến mép phần xe chạy(m)
- $x = y = 0,5 + 0,005V$  (m)
- $D = 0,35 + 0,005V$  (m); V(km/h)

*Bảng : Bề rộng 1 làn xe theo tiêu chuẩn 4054 - 05*

Cấp đường	I		II		III		IV		V		VI	
Địa hình	Đồng bằng	Đồng bằng	Đ. bằng	Núi	Đồng bằng	Núi	Đồng bằng	Núi	Đồng bằng	Núi	Đồng bằng	Núi
Bề rộng 1 làn xe	3.75	3.75	3.5	3.0	3.5	2.75	2.75	3.5 (1làn)	3.5 (1làn)	3.5 (1làn)		

**2. Số làn xe**

Số làn xe chạy nên chọn là chẵn, trừ trường hợp hai chiều có lượng xe chênh lệch đáng kể hoặc có tổ chức giao thông đặc biệt

Số làn xe yêu cầu được xác định theo công thức sau:

$$n = \frac{N_{cdgio}}{ZxN_{th}} \quad (\text{làn}) \tag{2-71}$$

Trong đó :

n: số làn xe yêu cầu, được lấy tròn đến số nguyên (làn)

$N_{cdgio}$  : lưu lượng xe con qui đổi trong giờ cao điểm ở năm tính toán (xcqđ/h)

$$N_{cdgio} = \alpha . N_{xcngđêm} \quad (\text{xcqđ/h}) \tag{2-72}$$

Trong đó:

$N_{xcngđêm}$  : lưu lượng xe con quy đổi trong 1 ngày đêm ở năm tính toán (xcqđ/ngđêm)

$\alpha$  : hệ số quy đổi lưu lượng xe ngày đêm về lưu lượng xe giờ cao điểm theo tiêu chuẩn TCVN4054-05 là  $\alpha = (0,1-0,12)$

Z : hệ số sử dụng năng lực thông hành, phụ thuộc vào tốc độ xe chạy

$V_{tk} \leq 40$  km/h:  $Z = 0,85.$

$V_{tk} = 60$  km/h:  $Z = 0,55$  đối với đường ở vùng đồng bằng

$Z = 0,77$  đối với đường ở vùng đồi, núi

$$V_{tk} \geq 80 \text{ km/h}; Z = 0,55$$

$N_{lth}$  : khả năng thông hành thực tế lớn nhất của 1 làn xe, lấy như sau :

- Khi có phân cách xe chạy trái chiều và phân cách ô tô với xe thô sơ  $N_{lth}=1800$  (xcqđ/h.làn).
- Khi có phân cách xe chạy trái chiều và không phân cách ô tô với xe thô sơ  $N_{lth}=1500$  (xcqđ/h.làn).
- Khi không phân cách trái chiều và không phân cách ô tô với xe thô sơ  $N_{lth}=1000$  (xcqđ/h.làn).

Thực tế chỉ dự báo được lưu lượng xe hỗn hợp nên phải quy đổi ra xe con như sau :

$$N = \sum_i^n N_i . k_i \quad (2-73)$$

Trong đó : n : số loại xe trong dòng xe

$N_i$  : lưu lượng của loại xe thứ i ở năm tính toán ( xe/ng.đêm )

$K_i$  : hệ số quy đổi loại xe thứ i về xe con

*Bảng : Hệ số quy đổi từ xe các loại ra xe con theo tiêu chuẩn 4054-05*

Loại xe Địa hình	Xe		Xe con	Xe tải 2 trục và xe buýt dưới 25 chỗ	Xe tải có trên 3 trục và xe buýt lớn	Xe kéo moóc, xe buýt kéo moóc
	đạp	máy				
Đồng bằng và đồi	0,2	0,3	1,0	2,0	2,5	3,0
Núi	0,2	0,3	1,0	2,5	3,0	4,0

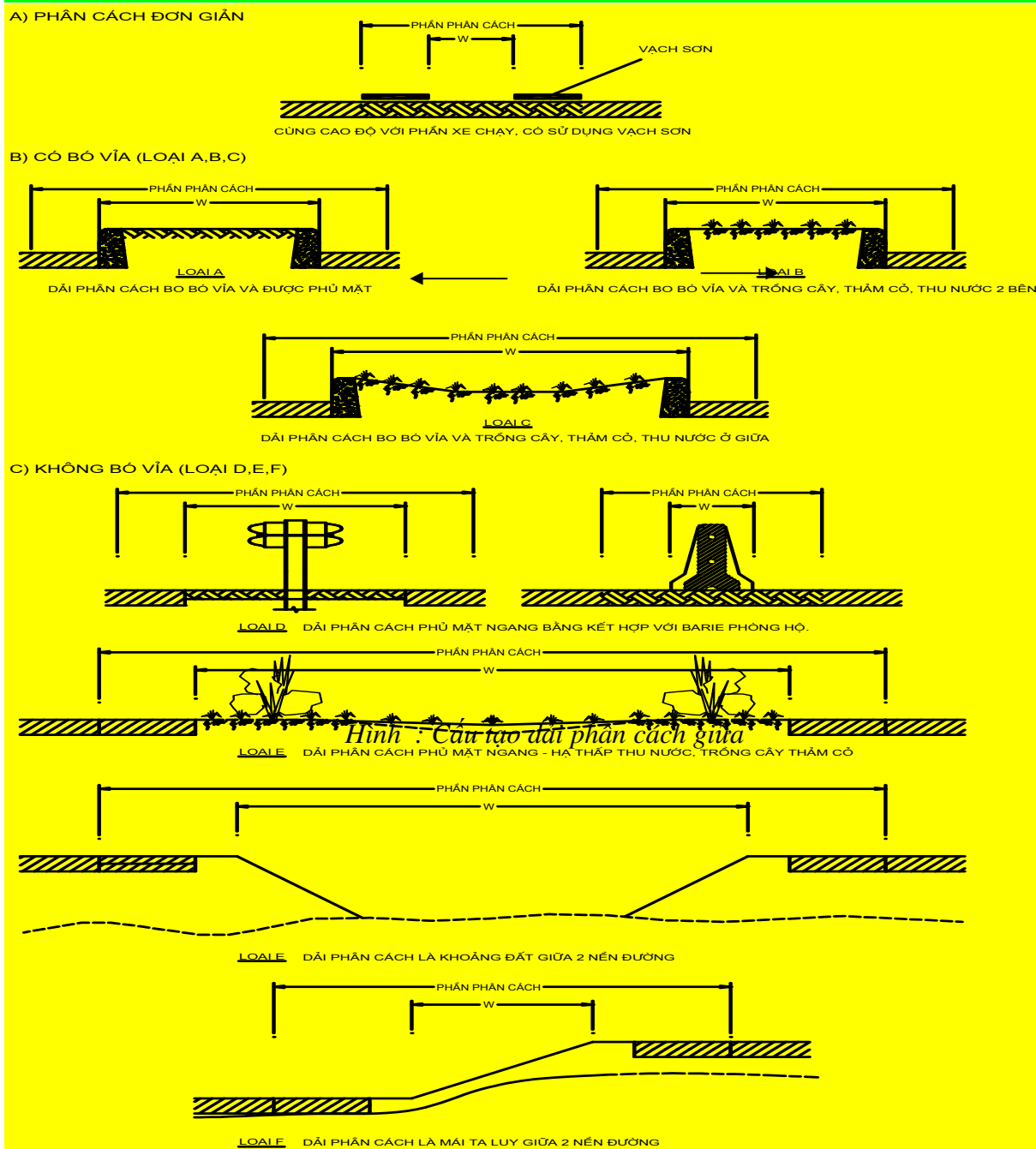
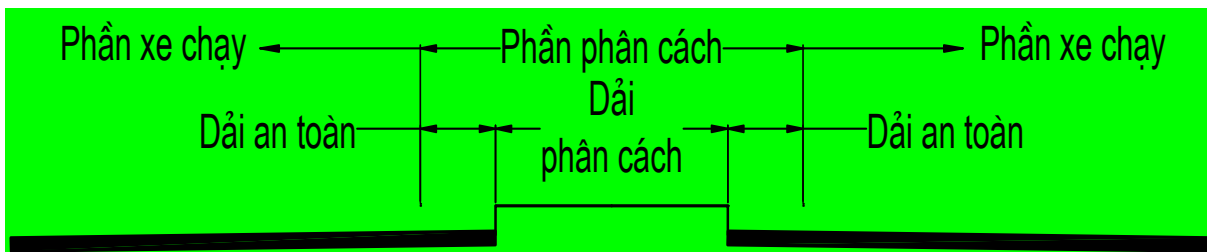
*Bảng : Hệ số quy đổi từ xe các loại ra xe con theo tiêu chuẩn TCXDVN 104 -2007*

Loại xe	Tốc độ thiết kế, km/h		
	$\geq 60$	30, 40, 50	$\leq 20$
Xe đạp	0,5	0,3	0,2
Xe máy	0,5	0,25	0,15
Xe ô tô con	1,0	1,0	1,0
Xe tải 2 trục và xe buýt dưới 25 chỗ	2,0	2,5	2,5
Xe tải có từ 3 trục trở lên và xe buýt lớn	2,5	3,0	3,5
Xe kéo moóc và xe buýt có khớp nối	3,0	4,0	4,5

*Ghi chú :*

1. Trường hợp sử dụng làn chuyên dụng, đường chuyên dụng (xe buýt, xe tải, xe đạp...) thì không cần quy đổi
2. Không khuyến khích tổ chức xe đạp chạy chung làn với xe ô tô trên các đường có tốc độ thiết kế  $\geq 60$  km/h

3. Dải phân cách :



**Dải phân cách giữa:** là khoảng không gian trống để phân cách 2 chiều xe chạy cho phép xe quay đầu, trước công trình hầm, cầu lớn và qua đường ở những nơi quy định.

+ Dải phân cách rộng <3m thường được sử dụng do tiết kiệm chi phí xây dựng. Phần phân cách phải phủ mặt và bao bằng bó vỉa., có thể cao hơn phần xe chạy, có thể cao bằng phần xe chạy, hoặc thấp hơn phần xe chạy. Phải cắt dải phân cách giữa để làm chỗ quay đầu xe, chỗ quay đầu xe được bố trí cách nhau không dưới 500 m. Về cấu tạo có thể là dải phân cách cố định hay phân cách mềm.

Đối với đường có 4 làn xe trở lên và có gia cố ở hai bên thì phải bố trí giải phân cách giữa. Kích thước tối thiểu của giải phân cách được cấu tạo theo bảng dưới

*Cấu tạo tối thiểu giải phân cách giữa theo TCVN 4054-05*

<b>Trường hợp cấu tạo</b>	<b>Phần phân cách</b>	<b>Phần an toàn (gia cố)</b>	<b>Chiều rộng tối thiểu dải phân cách giữa</b>
Bằng dải phân cách bê tông đúc sẵn, bó vỉa có lớp phủ, không bố trí trụ (cột) công trình	0,50	2x0,50	1,50
Xây bó vỉa, có lớp phủ, có bố trí trụ công trình	1,50	2x0,50	2,50
Không có lớp phủ	3,00	2x0,50	4,00

**Dải phân cách bên:** là khoảng không gian trống đặt trên lề gia cố, để tách làn xe đạp và xe thô sơ với làn xe cơ giới và cho phép xe quay đầu ở những nơi qui định. Chỉ bố trí với đường cấp II trở lên

Cấu tạo của dải phân cách bên :

- + 2 vạch kẻ liên tục
- + Chôn cọc thép bắt chặt với các thanh tôn lượn sóng
- + Xây bó vỉa

#### **4. Lề đường : bao gồm có lề đất và lề gia cố**

Lề đường là dải đất song song và nằm sát phần xe chạy

Tác dụng của lề đường :

- + Tăng độ ổn định cho mép phần xe chạy không bị phá hoại
- + Để dừng xe khi cần thiết, để tập kết vật liệu . . .
- + Để dự trữ đất

- Đối với đường cấp III trở lên kết cấu phân lè gia cố được làm bằng vật liệu như lớp mặt của áo đường.

### 1. Làn phụ lên dốc (*Additional climbing lane*)

Trên các đoạn dốc lớn (>4%), xe tải nặng và xe kéo rơmooc chạy với tốc độ rất thấp làm cản trở sự lưu thông của các loại xe có tốc cao như xe con, nhất là với đường 2 làn xe năng lực thông hành giảm đi rõ rệt.

Làn phụ leo dốc thường được xem xét với đường có hai làn xe không có dải phân cách giữa, điều kiện vượt xe bị hạn chế và phải có đủ 3 điều kiện sau:

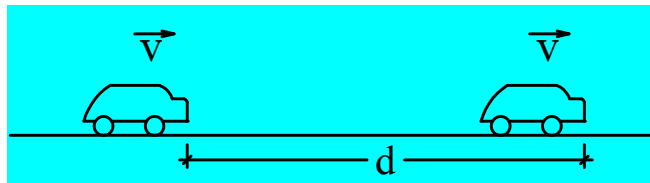
Đường có dòng xe leo dốc vượt quá 200 xe/h; Lưu lượng xe tải vượt dốc vượt quá 20 xe/h; Khi độ dốc dọc  $\geq 4\%$  và chiều dài đoạn dốc  $\geq 800\text{m}$ .

## 2.4.2 TÍNH TOÁN NĂNG LỰC THÔNG HÀNH (CAPACITY)

### 2.4.2.1 Năng lực thông hành lý thuyết $P_{max}$ :

Theo mô hình động lực học đơn giản với các giả thiết như sau:

- Giả thiết 1: Dòng xe chỉ có một loại xe ( xe con )
- Giả thiết 2: Xe chạy trên đường thẳng, độ dốc dọc bằng không, mặt đường khô ráo, độ nhám tốt, các xe cùng chạy với một vận tốc  $V$ , khoảng cách giữa các xe là  $d$



Năng lực thông hành : 
$$P_{max} = \frac{1000V}{d} \quad (\text{xctc/h.làn}) \quad (2-74)$$

Trong đó:  $d$  là khổ động học của xe (khoảng cách giữa các xe) (m)

$V$ : tốc độ của dòng xe [km/h]

\* **Nhóm thứ nhất** (các tác giả Greenshields, Svante, Dadenkov) quan niệm:

$$d = l_x + l_1 + l_0. \quad (2-75)$$

$l_x$  : Chiều dài xe

$l_1$  : Chiều dài xe đi được trong thời gian phản ứng tâm lý  $l_1 = \frac{V}{3,6}$

$l_0$  : Cự ly an toàn giữa hai xe khi dừng  $l_0 = 5 \div 10 \text{ m}$

\* **Nhóm thứ hai** (các tác giả Berman, Saar, Birulia, Alison) : ngoài các chiều dài trên còn có chiều dài hãm xe  $l_h$  :

$$d = l_x + l_1 + l_0 + l_h \quad (3-13)$$

$l_h$  : chiều dài hãm xe  $l_h$

\* **Nhóm thứ ba** (các tác giả Phinxenson, Edie...), ngoài các chiều dài trên còn có hiệu quãng đường hãm xe của xe sau và xe trước  $l_2$  :

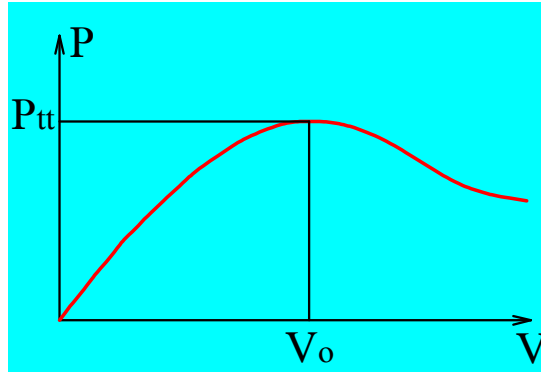
$$l_2 = S_h^{\text{sau}} - S_h^{\text{trước}}$$

\* **Nhóm thứ tư** : chủ trương xác định  $d$  bằng thực nghiệm:

### Nhận xét :

-  $d$  là hàm bậc 2 của tốc độ nên khi lập quan hệ giữa  $V$  và  $P$  ta thấy lúc đầu khi  $V$  bắt đầu tăng thì  $P$  tăng theo nhưng qua 1 giá trị nào đó  $d$  tăng nhanh hơn, khi đó  $V$  tăng thì  $P$  giảm xuống

- Nhiều nghiên cứu cho thấy rằng giá trị tốc độ cho năng lực thông hành lớn nhất dao động trong khoảng (30 ÷ 50)km/h, ứng với nó là cực trị của năng lực thông hành lý thuyết theo mô hình động lực học đơn giản.



Hình : Đồ thị xác định năng lực thông hành lý thuyết

### **Quan điểm của HCM (Highway Capacity Manuel)**

Năng lực thông hành là số xe hợp lý thông qua một mặt cắt trong điều kiện phổ biến về đường và về dòng xe trong một đơn vị thời gian, quan điểm này cũng nhấn mạnh điều kiện nhiệt độ, mưa nắng, sương mù, độ ẩm, tầm nhìn.

#### **2.4.2.2 Năng lực thông hành thực tế**

Là số xe lớn nhất có thể thông qua trên một đoạn đường hay một mặt cắt ngang đường trong một đơn vị thời gian trong điều kiện thuận lợi nhưng có xét đến các điều kiện thực tế.

Năng lực thông hành thực tế vào nhiều yếu tố nhưng có thể tập hợp thành 3 nhóm yếu tố ảnh hưởng sau:

- Điều kiện đường
- Điều kiện giao thông
- Tổ chức và điều khiển giao thông.

Trường phái Nga đề nghị

$$P_{tt} = P_{\max} \prod_{i=1}^{15} K_i \quad (\text{xcqđ/h.làn})$$

Trong đó:  $P_{\max}$  : năng lực thông xe tối đa của một làn,  $P_{\max} = 2000 \text{xc/h.làn}$

$K_{i=1, \dots, 15}$  các hệ số chiết giảm KNTH

(Tham khảo các hệ số  $K_i$  trong giáo trình TKĐ tập 1 và trong Hướng dẫn TKĐ ô tô – NXB GTVT)

\* Theo TCVN 4054-2005 năng lực thông hành lớn nhất  $N_{\max}$  được lấy như sau :

+ Khi có phân cách trái chiều và phân cách ô tô với xe thô sơ:

$$N_{\max} = 1800 \quad (\text{xcqđ/h.làn})$$

+ Khi có phân cách trái chiều và không phân cách ô tô với xe thô sơ:

$$N_{\max} = 1500 \quad (\text{xcqđ/h.làn})$$

+ Khi không có phân cách trái chiều và ô tô chạy chung với xe thô sơ:

$$N_{\max} = 1000 \quad (\text{xcqđ/h.làn})$$

**Đối với đường đô thị trị số KNTH được lấy theo bảng sau:**

<i>Loại đường đô thị</i>	<i>Đơn vị tính KNTH</i>	<i>Trị số KNTH lớn nhất</i>
Đường 2 làn, 2 chiều	Xcqđ/h.2làn	2800
Đường 3 làn, 2 chiều	Xcqđ/h.3làn	4000 - 4400 (*)
Đường nhiều làn không có phân cách	Xcqđ/h.làn	1600
Đường nhiều làn có phân cách	Xcqđ/h.làn	1800
<i>Chú thích:</i>		
(*) : Giá trị cận dưới áp dụng khi làn trung tâm sử dụng làm làn vượt, rẽ trái, quay đầu...; giá trị cận trên áp dụng khi tổ chức giao thông lệch làn (1 hướng 2 làn, 1 hướng 1 làn)		

**2.4.3 Tổng hợp các tiêu chuẩn kỹ thuật của đường ô tô:** lập bảng tổng hợp tất cả các tiêu chuẩn kỹ thuật của đường (16-18 chỉ tiêu)

**2.4.5 Các bản vẽ hình học của đường ô tô:**

1. Bản vẽ bình đồ: trên đó thể hiện vị trí tuyến, cao độ các cọc, với các đường đồng mức, các vị trí công trình thoát nước và chống đỡ, các vị trí của đường cong nằm... theo tỷ lệ nhất định tùy theo giai đoạn thiết kế. (1/5000; 1/10000, 1/2000; 1/1000)
2. Bản vẽ trắc dọc: thể hiện cao độ và lý trình tự nhiên và cao độ thiết kế của tuyến tại tim đường, độ dốc thiết kế, thoát nước dọc và ngang, biểu đồ tốc độ xe chạy lý thuyết...
3. Bản vẽ trắc ngang: trắc ngang điển hình, trắc ngang cấu tạo và trắc ngang chi tiết thể hiện vị trí, cấu tạo của tất cả các bộ phận của đường.

## Chương 3: CÔNG TRÌNH TRÊN TUYẾN

### 3.1 NỀN ĐƯỜNG (groundwork, road-bed, fill, subgrade)

#### 3.1 YÊU CẦU ĐỐI VỚI NỀN ĐƯỜNG

##### 3.1.1. Tác dụng của nền đường:

- Khắc phục địa hình tự nhiên nhằm tạo nên một dải đất đủ rộng dọc theo tuyến đường có các tiêu chuẩn về bình đồ, trắc dọc, trắc ngang...đáp ứng được điều kiện chạy xe an toàn, êm thuận, kinh tế

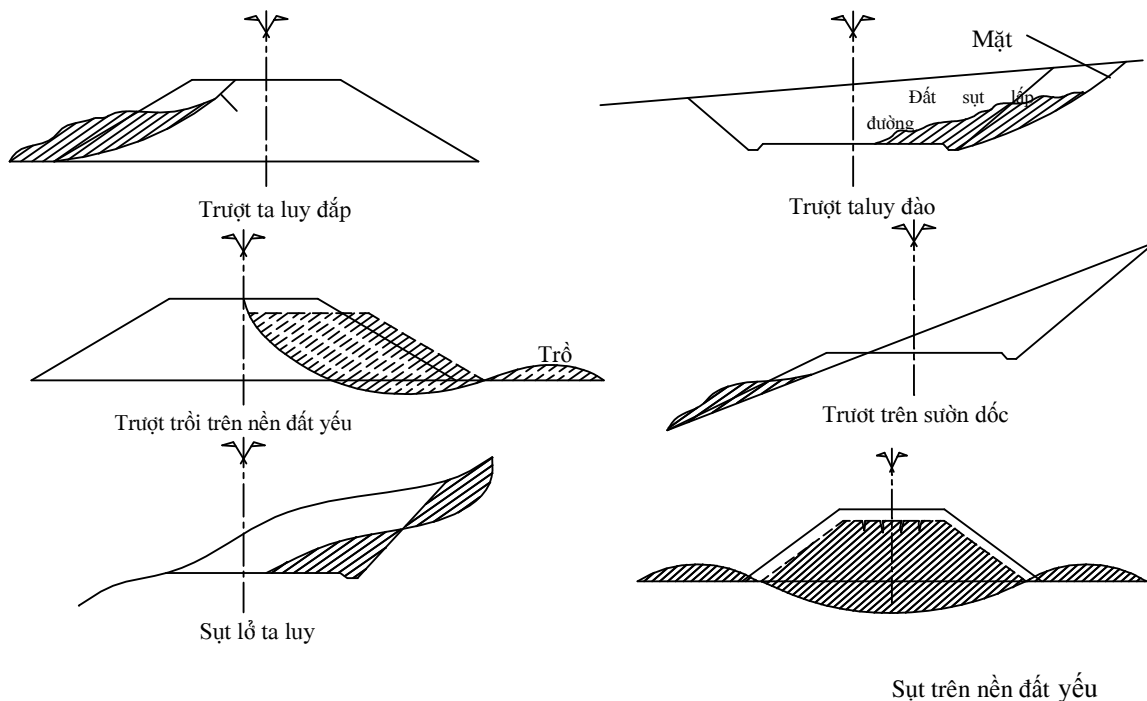
- Nền đường cùng với áo đường chịu tác dụng của tải trọng xe chạy, do đó nó ảnh hưởng rất lớn đến cường độ và tình trạng khai thác của cả kết cấu áo đường.

- Những vấn đề lớn cần phải giải quyết khi nghiên cứu về nền đường: Lựa chọn loại đất xây dựng nền, xem xét cấu tạo và tính toán ổn định của nền đường trong quá trình khai thác ở các điều kiện tự nhiên khác nhau.

##### 3.1.2. Yêu cầu đối với nền đường :

##### 3.1.2.1 Nền đường phải đảm bảo luôn luôn ổn định toàn khối :

Kích thước hình học và hình dạng của nền đường không bị phá hoại hay biến dạng



Hình 3.1 : Các hiện tượng nền đường bị mất ổn định toàn khối

**3.1.2.2 Nền đường phải đảm bảo có đủ cường độ :**

Đủ độ bền khi chịu cắt trượt và không bị biến dạng quá nhiều ( hay tích lũy biến dạng) dưới tác dụng của tải trọng xe chạy.

**3.1.2.3 Nền đường phải đảm bảo ổn định về cường độ:**

Cường độ nền đường không được thay đổi theo thời gian, khí hậu, thời tiết bất lợi.

**3.1.3. Các nguyên nhân gây phá hoại nền đường:**

- Do tác dụng của nước : nước mặt, nước ngầm và hơi nước làm giảm cường độ của đất ở taluy nền đường và bên trong nền đường gây mất ổn định toàn khối và cường độ không ổn định .

- Do điều kiện địa chất – thủy văn.
- Do tác dụng của tải trọng xe chạy.
- Do tác dụng của tải trọng bản thân nền đường.
- Thi công không đảm bảo chất lượng.

Để đánh giá độ ổn định toàn khối của nền đường, xét đến hệ số ổn định  $K_{\text{ôđ}}$

$$K_{\text{ôđ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_{\text{pp}} \quad (3-1)$$

Trong đó:

$K_1$  : độ tin cậy của các thông số cơ học của đất (c,  $\phi$ );  $K_1 = 1,0 - 1,1$ .

$K_2$  : hệ số xét đến ý nghĩa của công trình nền đường :

Đối với đường cấp I, II :  $K_2 = 1,03$

Đối với đường cấp III, IV, V :  $K_2 = 1,0$

$K_3$  : hệ số xét đến mức độ gây tổn thất cho nền kinh tế quốc dân nếu công trình nền đường bị phá hoại làm gián đoạn giao thông.  $K_3 = 1,0-1,2$

$K_4$  : hệ số xét đến mức độ phù hợp giữa sơ đồ tính toán với điều kiện địa chất thủy văn tại nơi xây dựng nền đường  $K_4 = 1,0-1,05$

$K_5$  : hệ số xét loại đất và sự làm việc của nó trong kết cấu nền đường  $K_5 = 1,0-1,05$

$K_{\text{pp}}$  : hệ số xét đến mức độ tin cậy của phương pháp tính toán ổn định

$K_{\text{ôđ}}$  : hệ số ổn định tổng hợp đối với nền đường  $K_{\text{ôđ}} = 1,0-1,5$ .

**3.2 CẤU TẠO NỀN ĐƯỜNG VÀ ĐẤT XÂY DỰNG NỀN ĐƯỜNG.**

**3.2.1. Cấu tạo của nền đường :**

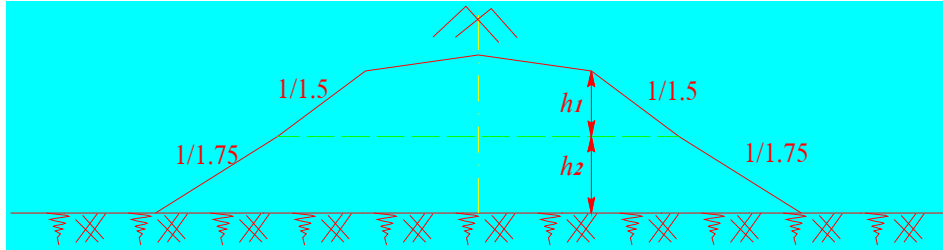
**3.2.1.1 Cấu tạo nền đường đắp :**

**Khi chiều cao đắp <1,0m :**

- Dùng độ dốc ta luy thoải 1/3 -> 1/5 khi dùng máy thi công lấy đất từ thùng đấu.

- Dùng độ dốc ta luy 1/1,5 khi thi công bằng thủ công.

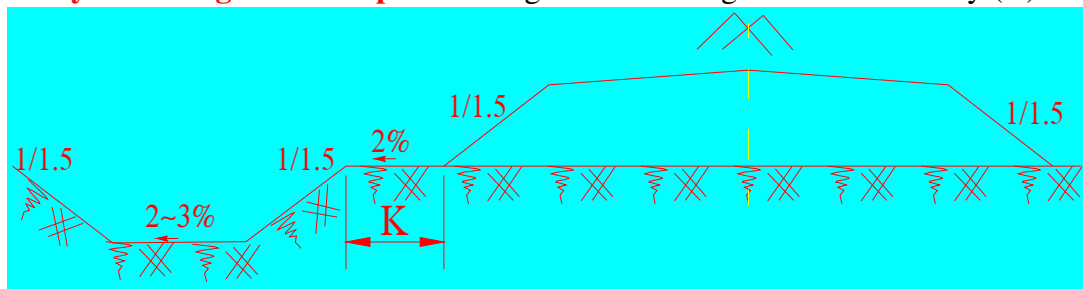
**Khi chiều cao đắp từ (6 -> 12)m:** Phần dưới độ dốc taluy cấu tạo thoải 1/1,75 và phần trên ( $h_1 = 6-8m$ ) độ dốc ta luy 1:1,5



Hình 3.2 : Cấu tạo nền đường đắp ( khi  $h_{đắp} = 6-12m$  )

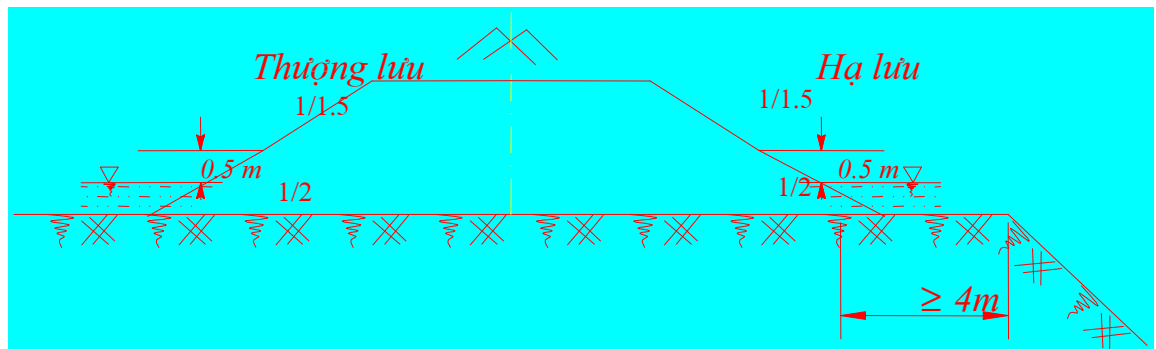
**Khi đắp nền đường bằng cát** thì độ dốc taluy 1/1,75 và lớp trên cùng đắp một lớp đất á sét với chỉ số dẻo  $>7$ , dày tối thiểu 30cm ( không được phép đặt trực tiếp áo đường lên trên nền cát )

**Khi lấy đất thùng đấu để đắp** nền đường cần có khoảng bảo vệ chân ta luy (K)



Hình 3.3 : Cấu tạo nền đường đắp dùng đất thùng đấu

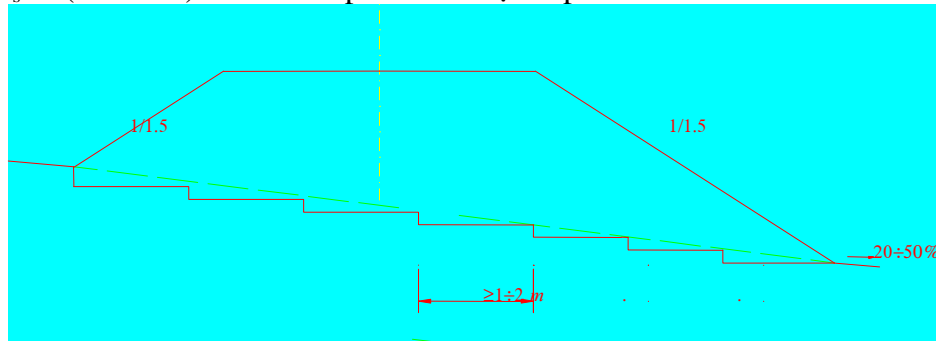
Nền đường đầu cầu và dọc sông có thể bị ngập nước thì phải cấu tạo độ dốc taluy thoải 1:2,0 đến trên mức nước thiết kế ít nhất 0,5m. Mức nước thiết kế ứng với tần suất như sau:



Hình 3.4: Cấu tạo nền đường khi có nước ngập

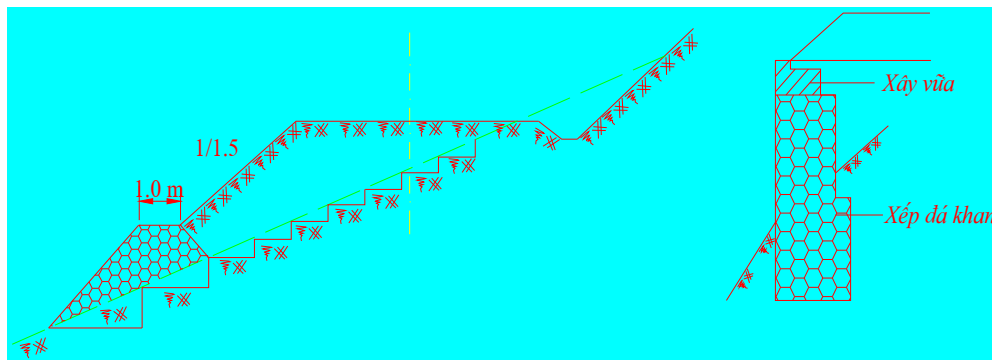
**Khi đắp đất trên sườn dốc :**

- + Khi  $i_s < 20\%$ : chỉ cần rẫy hết cây co ở phạm vi đáy nền tiếp xúc với sườn dốc
- + Khi  $i_s = (20 \rightarrow 50)\%$  : thì cần phải đánh bậc cấp



Hình 3.5. Cấu tạo nền đường đắp trên sườn dốc ( $i_s = 20\%-50\%$ )

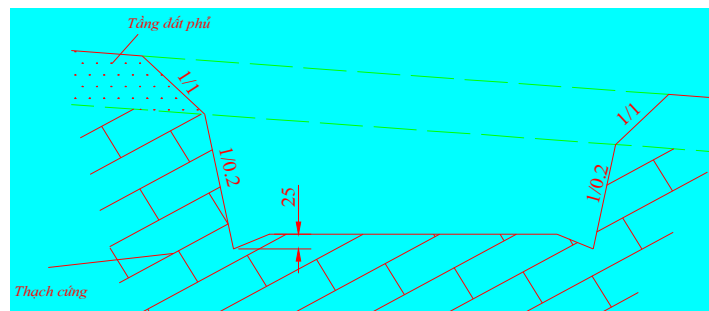
**Khi  $i_s \geq 50\%$  phải dùng biện pháp làm ke chân hoặc tường chắn**



Hình 3.6 : Các biện pháp chống đỡ nền đường trên sườn dốc

### 3.2.1.2 Cấu tạo nền đường đào:

Nền đào hoàn toàn: mái taluy đào phải có độ dốc nhất định để bảo đảm ổn định cho taluy và cho cả sườn dốc. Độ dốc mái taluy 1/n tùy vào điều kiện địa chất công trình và chiều cao taluy đào.



Hình 3.7. Cấu tạo nền đường đào qua các lớp địa chất khác nhau

Nền đào chữ L: thích hợp đối với đường vùng đồi và núi. ( Xem bảng 24 , 25 trong TCVN 4054-05 )

**3.2.2. Cấu tạo gia cố taluy nền đường:**

- Mục đích của việc gia cố taluy là để phòng mái taluy bị phá hoại do tác dụng của nước mưa, nước mặt, sóng, gió và các tác dụng khác như phong hoá...

- Các hình thức gia cố:

- + Đầm nén chặt mái taluy và gọt nhẵn mái taluy.
- + Trồng cỏ trên mái taluy .
- + Gia cố lớp đất mặt mái taluy bằng chất liên kết vô cơ hoặc hữu cơ.
- + Làm lớp bảo vệ cục bộ hoặc tường hộ để ngăn ngừa tác dụng phong hoá
- + Những đoạn nền đường đắp chịu tác dụng nước chảy và sóng vỗ thì có thể gia cố bằng cách dùng các tầng đá xếp khan hoặc tầng đá xếp khan có lót vải địa kỹ thuật...

**3.2.3. Đất làm nền đường:** Đất là vật liệu chủ yếu để xây dựng nền đường. Tính chất và trạng thái của đất (độ ẩm và độ chặt của đất) ảnh hưởng rất lớn đến cường độ và mức độ ổn định của nền đường.

**3.2.3.1 Phân loại đất theo cỡ hạt :**

*Bảng 3.1: bảng phân loại đất theo cỡ hạt*

Tên hạt	Kích cỡ hạt (mm)	Tên hạt	Kích cỡ hạt (mm)
Cuội	100÷40	Cát to	2÷1
Sỏi rất to	40÷20	Cát vừa	1÷0,5
Sỏi to	20÷10	Cát nhỏ	0,5÷0,25
Sỏi vừa	10÷4	Cát rất nhỏ (mịn)	0,25÷0,075
Sỏi bé	4÷2	Bụi to	0,075÷0,025
		Bụi nhỏ	0,025÷0,0075
		Bụi sét	< 0,0075

**3.2.3.2 Phân loại cát**

*Bảng 3.2 : Bảng phân loại cát*

Loại cát	Tỷ lệ theo kích cỡ (% khối lượng)	Chỉ số dẻo	Khả năng sử dụng để xây dựng nền đường
Cát sỏi	Hạt >2mm chiếm	<1	Rất thích hợp nhưng phải có lớp bọc taluy
Cát to	Hạt >0,5mm chiếm	<1	Thích hợp nhưng phải có lớp bọc taluy
Cát vừa	Hạt >0,25mm chiếm	<1	Thích hợp nhưng phải có lớp bọc taluy
Cát nhỏ	Hạt >0,1mm chiếm	<1	Thích hợp nhưng phải có lớp bọc taluy
Cát bụi	Hạt >0,05mm chiếm	<1	Ít thích hợp

**3.2.3.3 Phân loại đất dính**

*Bảng 3.3 :Phân loại đất dính*

Loại đất	Tỷ lệ cát ( $2\div 0,005$ ) mm có trong đất (% khối lượng)	Chỉ số dẻo	Khả năng sử dụng để xây dựng nền đường
Á cát nhẹ, hạt	>50	1÷7	Rất thích hợp
Á cát nhẹ	>50	1÷7	Thích hợp
Á cát bụi	20÷50	1÷7	Ít thích hợp
Á cát bụi nặng	<20	1÷7	Không thích hợp
Á sét nhẹ	>40	7÷12	Thích hợp
Á sét nhẹ, bụi	<40	7÷12	Ít thích hợp
Á sét nặng	>40	12÷17	Thích hợp
Á sét nặng, bụi	<40	12÷17	Ít thích hợp
Sét nhẹ	>40	17÷27	Thích hợp
Sét bụi	Không quy định	17÷27	Ít thích hợp
Sét béo	Không quy định	>27	Không thích hợp

Đất cát: dùng làm nền đường thì nền đường có cường độ cao, ổn định nước tốt nhưng đất cát rời rạc không dính nên phải có lớp đất dính bọc xung quanh. Đất cát thường dùng để đắp nền đường qua vùng đất yếu (sét bão hòa nước), thay thế các chỗ nền yếu cục bộ. Đất sét: tính chất ngược với đất cát, thể tích thay đổi theo trạng thái khô, ẩm, ổn định nước kém. Thường được sử dụng để đắp nền đường những nơi cao, thoát nước tốt và phải có biện pháp đầm nén chặt. Đất bụi: Kém dính, ổn định nước kém, là loại đất bất lợi nhất đối với yêu cầu xây dựng nền đường.

Như vậy đất cát, á cát là vật liệu xây dựng nền đường thích hợp nhất, sau đó là đất á sét.

**3.2.4. Độ chặt của nền đường :**

Độ chặt của nền đường được quy định như sau ( Theo TCVN4054-05)

*Bảng 3.4 : Độ chặt qui định của nền đường*

Loại công trình		Độ sâu tính từ đáy áo đường xuống (cm)	Độ chặt k	
			Vtt ≥ 40 km/h	Vtt < 40 km/h
Nền đắp	Khi áo đường dày trên 60cm	30	≥ 0,98	≥ 0,95
	Khi áo đường dày dưới 60cm	50	≥ 0,98	≥ 0,95
	Bên dưới chiều sâu kể trên	Đất mới đắp	≥ 0,95	≥ 0,90

## Công ty Hóa Chất Xây Dựng Phương Nam

Công trình đường ô tô -		Bộ môn đường ô tô – đường thành phố			
		Đất nền tự nhiên (*)	cho đến 80	≥ 0,85	≥ 0,85
Nền đào và nền không đào không đắp (đất nền tự nhiên) (**)			30	≥ 0,98	≥ 0,95
			30 - 80	≥ 0,85	≥ 0,85

Ghi chú: (\*) Trường hợp này là trường hợp nền đắp thấp

(\*\*) Nếu nền tự nhiên không đạt độ chặt yêu cầu thì phải đào phạm vi không đạt rồi đầm nén lại để đạt yêu cầu.

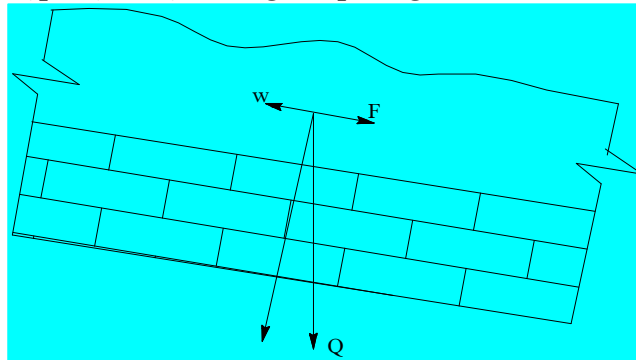
### 3.3 TÍNH ỔN ĐỊNH CỦA NỀN ĐƯỜNG TRÊN SƯỜN DỐC

#### 3.3.1. Yêu cầu khi đắp đất nền đường trên sườn dốc :

- Nền đường phải đặt trên một sườn dốc ổn định và bản thân sườn dốc đó vẫn ổn định sau khi đã xây dựng nền đường.
- Nền đắp không bị trượt trên mặt sườn dốc đó, ngoài ra bản thân ta luy nền đường đào hoặc đắp của nền đường cũng phải bảo đảm ổn định.

#### 3.3.2. Tính toán ổn định:

##### 3.3.2.1 Trường hợp mặt trượt tương đối phẳng:



Hình 3. 8: Sơ đồ tính ổn định của nền đường trên sườn dốc ( mặt trượt phẳng)

Xét một lớp đất có chiều cao  $h$ , dung trọng đất, lực dính  $C$ , góc nội ma sát, sườn có độ dốc  $i_s$

Để khối đất không bị trượt trên mặt trượt thì độ dốc của mặt trượt là:

$$i_s \leq f + \frac{C}{\gamma \cdot h \cdot \cos \alpha} \quad (3-2)$$

Trong đó:

$F = C + f \cdot Q \cdot \cos \alpha$  : lực giữ

$W = Q \cdot \sin \alpha$  : lực gây trượt

$i_s$ : độ dốc của sườn.

$f$ : hệ số ma sát giữa khối trượt trên và mặt phẳng.

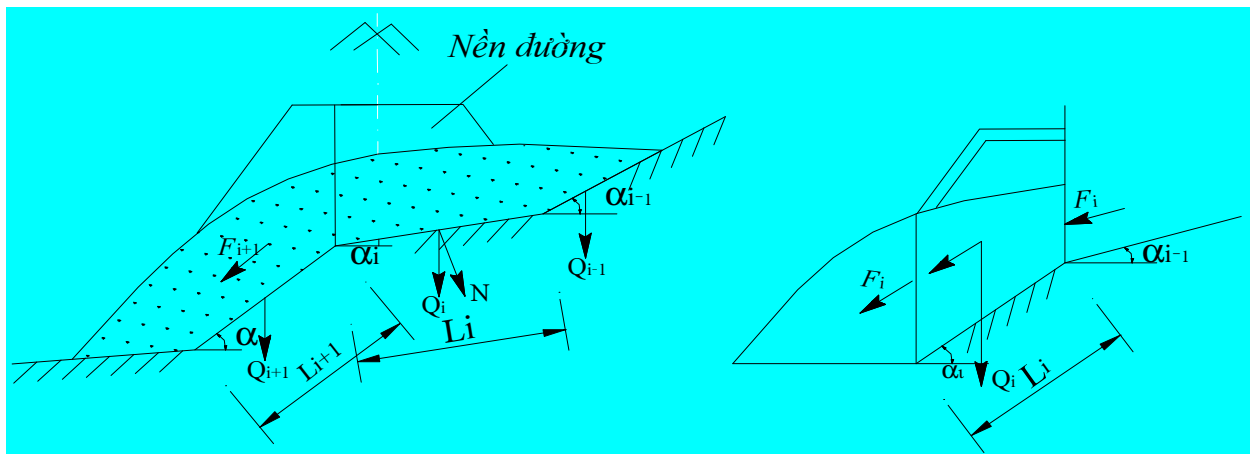
$\gamma$ : dung trọng khối đất trượt ( $T/m^3$ ) ở trạng thái ẩm lớn nhất.

C: lực dính đơn vị giữa khối trượt và mặt trượt ( $T/m^2$ )

$\alpha$ : góc nghiêng của sườn dốc.

h: chiều dày của khối đất trượt (m) có thể lấy  $h = h_{tb}$  hoặc  $h = h_{max}$

3.3.2.2 Trường hợp trượt trên mặt gãy khúc:



Hình 3- 9. Sơ đồ tính ổn định của nền đường trên sườn dốc ( mặt trượt gãy khúc)

- Tại các chỗ thay đổi dốc của mặt trượt kẻ các đường thẳng đứng để phân khối trượt thành từng đoạn trượt .
- Trên từng đoạn trượt i tính trọng lượng  $Q_i$  .
- Lần lượt tính các lực gây trượt  $F_i, F_{i-1}, F_{i+1}$

Trong đó:

$\alpha_i$ : độ dốc i của mặt trượt đoạn i

$C_i, \varphi_i$ : là lực dính ( $T/m^2$ ) và góc ma sát giữa khối trượt và mặt trượt đoạn i

K: hệ số ổn định  $K=1,0 \div 1,5$

Cuối cùng tính được lực gây trượt dưới chân dốc  $F_{i+1}$ , qua đó đánh giá ổn định của sườn dốc:

Nếu  $F_{i+1} \leq 0$  thì sườn dốc ổn định với hệ số K

$F_{i-1} > 0$  sườn dốc không ổn định với hệ số K

Ngoài ra có thể đánh giá mức độ ổn định riêng của từng khối:

$$K_i = \frac{Q_i \cdot \cos \alpha_i \cdot \tan \varphi_i + C_i \cdot l_i}{F_{i-1} \cdot \cos(\alpha_i - \alpha_{i-1}) + Q_i \cdot \sin \alpha_i} \quad (3-5)$$