

## B.4 縱坡度之設計實例

(資料來源：

1. 周森茂，「公路工程設計實務」，增訂版，民國八十一年十二月。

## B.4 縱坡度之設計實例

### 四名詞釋義：

幾個設計縱坡度有關名詞說明如下：

- 1.容許速差：設計載重車輛上坡時，其平均行駛速率與設計載重車輛速率之容許差值。單位為公里／小時或哩／小時。
- 2.貨車之重量—馬力比（WEIGHT—HORSEPOWER RATIO）：係指貨車（載重）之總重及車輛之淨馬力之比。

重量—馬力比表示車輛行駛性能之因素，美國AASHTO（1984年版）設計縱坡度及坡長的研究對象之載重貨車係以300Lb/Hp之重量—馬力比，日本則以貨車最大負載時之馬力—重量比以10 HP /TON為研究對象。本省一般卡車性能與日本略同，因此本國規範亦以10 HP /TON性能之載重貨車為討論對象。

- 3.車輛性能曲線：本國規範係以10馬力／噸性能之載重卡車由平地以一般行車速度進入坡道，爬高至坡頂時其速度在容許範圍內，其行駛之坡長為其某項縱坡度之最大坡長，根據以上假設由計算可求得繪製性能曲線，本省所用卡車，大部份是日本製造的，所以新頒佈標準亦參改日本資料予以修訂。連續坡度之緩和坡設計或爬坡道之設計均按性能曲線決定。
- 4.縱坡限制長度：以10馬力／噸爬坡性能之卡車，以平地之行車速度（約設計速度之80~90%）進入坡道爬高至坡頂時其車速為比平地行車速度減少25公里／小時所行駛之坡長，定為某縱坡度之坡長。
- 5.縱坡臨界長度：設計載重車輛上坡以平均行駛速率產生15公里／小時速差之上坡長度。在大型車混合率大或交通量多之坡道，最好採用「臨界長度」，其他路線可按「限制長度設計」。
- 6.爬坡車道（CLIMBING LANE）—縱坡長度超過限制長度或重車速率降低至最低速限規定時，於車道外側另設一慢速爬坡車道，以供爬坡速率緩慢車輛行駛，以增加交通容量。

五縱坡長度限制：

在規範第 3.11 節有關縱坡長度限制規定如下：

1. 設計載重車輛上坡容許速差（平均行駛速率減設計載重車輛速率），以小於15公里／小時為宜，最大不得超過25公里／小時。
2. 設計載重車輛產生15公里／小時速差之上坡長度，分別設定為縱坡臨界長與縱坡限制長。
3. 馬力載重比10馬力／噸（ $P_s / T$ ）載重車輛，進坡為水平時之縱坡臨界長（ $L_o$ ）與縱坡限制長（ $L_i$ ）規定如下表。（1馬力=75公斤·公尺／秒）
4. 連續坡之坡長，應按爬坡性能曲線決定之。唯  $V_d \leq 50$  公里／小時公路之連續坡坡長  $L_j$ ，

宜以  $\sum \frac{L_j}{L_k} \leq 1$  設計之。（ $L_k$  為容許速差之上坡長度）

設計速率 $V_d$ (公里/小時)	低流量平均 行駛速率 $V_r$ (公里/小時)	縱坡度 $G$ (%)	縱坡臨界長 $L_o$ (公尺)	縱坡限制長 $L_i$ (公尺)
120 110	97	2	800	—
		3	450	800
		4	300	500
100	85	3	450	900
		4	300	550
		5	250	400
90	78	3	550	—
		4	350	600
		5	250	400
80	70	4	350	850
		5	250	450
		6	200	300
70	62	4	500	—
		5	300	—
		6	200	350
		7	150	250
60	54	5	400	—
		6	200	500
		7	150	300
		8	120	200
<50	<46	7	180	500
		8	120	400
		9	100	300
		10	80	200
		11	70	180
		12	60	150

說明：設計連續坡之坡長應按爬坡性能曲線繪製爬坡路段速率變換圖（參閱爬坡道設計）。有關車輛減速性能曲線及縱坡長度限制規定應用法於台灣公路工程月刊第14卷第二期專題研究欄，吳鳳儀先生所寫「新頒發公路路線設計規範之註解」乙文說明甚為簡明，茲摘錄如下，供作參考。

本規範設計載重車輛上坡容許速差（平均行駛速率減設計載重車輛速率）分為15公里／小時與25公里／小時，而分別定縱坡長度，前者謂臨界長度後者謂限制長度。臨界長度係參考上述美國AASHTO研究而定，因此大型車混合率大或交通量多之坡道，最好採用「臨界長」其他路線可以「限制長」設計。

本規範每一設計速率有3～6種坡度，可供設計者選擇。車輛在最小縱坡度以下的縱坡上行駛時其縱坡長度不受限制，而其速度減小數仍在規定之數值內。例如設計速率60km/hr之最小設計縱坡度為5%，其臨界長為400m，而限制長即不受限制，若縱坡度改為4%時，臨界長度及限制長度均不受限制。

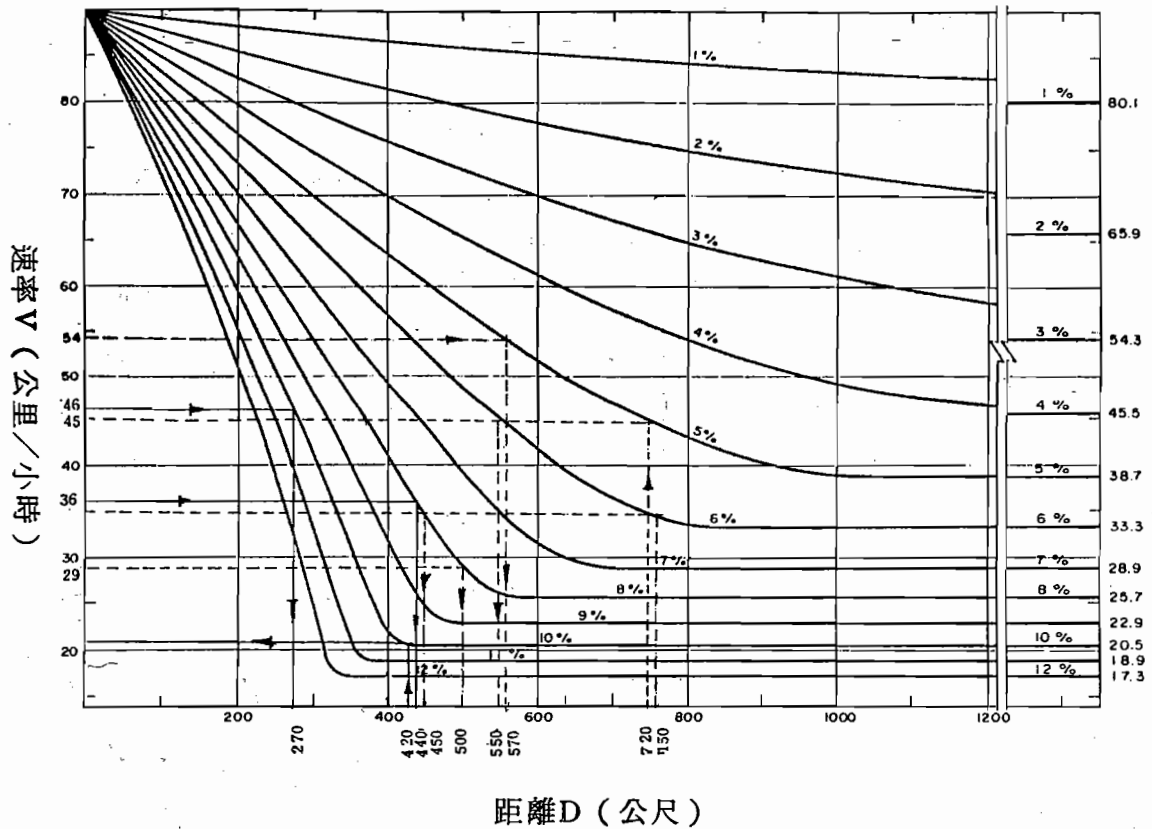
至於設計車速在50km/hr以下之坡道，因近年汽車之爬坡能力增強，且在低設計速度公路之縱坡行駛時，其容許行車速率（在平地之行車速率減容許減速數）相差無幾，因此不再細分。

至於連續坡之坡長計算，舊規範規定，縱坡度已達其限制長時，應接以緩和區間，該區間之縱坡度不得大於3%其長度不得短於60公尺。新規範依爬坡性能曲線（如該規範之圖3-1，及圖3-2）予以決定。規範之圖3-1為上坡減速之性能，圖3-2為加速之性能曲線。其應用法舉例說明如下。

例一、設計速率為60km/hr之公路，需設計連續坡為5%坡度者長150m，6%者長180m，如需另設8%之縱坡，長度需若干假定其行車速率為54km/hr。

步驟(1)；下圖（規範之圖3-1）為減速性能曲線，自速率54km/hr處繪一水平線（圖中虛線）與5%曲線相交。由此交點垂直繪線得距離為570m。以此點（570m）為54km/hr之0點（即開始點）。

(2)將縱坡5%設計之坡長與0點之距離相加  $570 + 150 = 720\text{m}$ 。



10 馬力／噸 載重車輛減速性能曲線

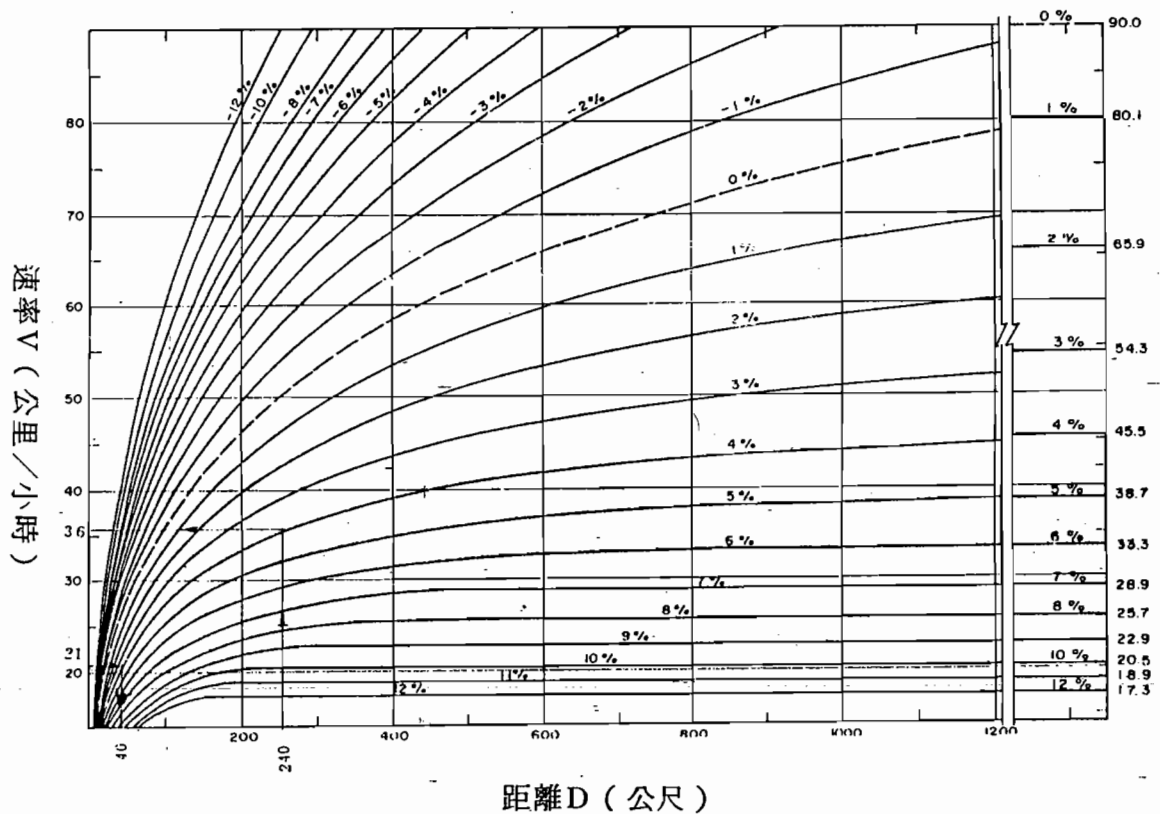
- (3) 由 720m 處繪垂直線與 5 % 曲線相交，由此點給水平線得速率為 45 km/hr。此為進坡速率 54 km/hr 之貨車駛上坡長 150m 之 5 % 縱坡後之速率。
- (4) 求上述水平線與 6 % 曲線相交點之垂直投影點得距離為 550m。依上述方法求行走 180m 後橫座標為 550m + 180m (坡度長) = 730m。
- (5) 由 720m 繪垂直線與 6 % 曲線相交點之水平投影得速率減為 35 km/hr。
- (6) 依規範設計縱坡限制長度時，上坡容許速差為 25 km/hr，本例中容許行車速度為 54 - 25 = 29 km/hr。因此本例尚可再容許 35 - 29 = 6 km/hr 之減速。  
分別求 35 km/hr 及 29 km/hr 之水平線與 8 % 曲線相交之垂直

投影點，分別得 450m 及 550m，即設計長度為  $500 - 450 = 50\text{m}$   
 例二，設計速率為  $50\text{ km/hr}$  之公路，需設計連續坡為  $10\%$  坡度者長  $150\text{m}$ ， $4\%$  者長  $200\text{m}$ ， $8\%$  者坡長若干？假設其行車速率為  $46\text{ km/hr}$ ，其步驟如下：

步驟(1)；由上圖縱座標  $46\text{ km/hr}$  處繪平行線與  $10\%$  曲線相交，求該點之垂直投影為  $270\text{m}$ 。

(2)在橫座標求  $270 + 150 = 420\text{m}$  之點，再由此點垂直與  $10\%$  曲線相交一點，由該點之水平投影得  $21\text{ km/hr}$ ，其容許行車速度為  $46 - 25 = 21\text{ km/hr}$ ，或可更小。

(3)由下圖（即規範之圖 3-2）, 縱座標  $21\text{ km/hr}$  處繪水平線與  $4\%$  曲線相交一點求其垂直投影為  $40\text{m}$  求橫座標  $40 + 200 = 240\text{m}$  點，由此點繪垂直線與  $4\%$  曲線相交得一點，由此點之水平投影得  $36\text{ km/hr}$  之貨車行駛  $200\text{m}$  之  $4\%$  坡後，其速率增加為  $36\text{ km/hr}$ 。此  $4\%$  之坡亦為緩坡之作用。



10 馬力/噸載重車輛加速性能曲線

(4)再由減速曲線圖，在縱座標 36 km/hr 處繪水平線與 8 % 曲線相交求得該交點之垂直投影為 440m。

(5)求容許行車速度  $46 - 25 = 21$  km。由縱座標 21 km/hr 點繪水平線，發現該水平線遠在 8 % 曲線以下不能相交。表示以 21 km/hr 之行車速度，在 8 % 之縱坡上可不受坡長之限制行駛。但依 3.11 節 4 項，內規定  $V_d \leq 50$  km/hr 時公路之連續坡長  $L_1$ ，宜

以之  $\frac{L_1}{L_k} \leq 1$  設計之。

坡度 10% 時  $L_k$  (容許速差之上坡長度) 200 m

坡度 4 % 時  $L_k$  無限長

坡度 8 % 時  $L_k$  400 m

即 8 % 坡之坡長 (  $x$  ) 由下式求得

$$\frac{150}{200} + \frac{200}{\infty} + \frac{x}{400} = 1$$

$x = 100$  m ..... 8 % 坡之坡長