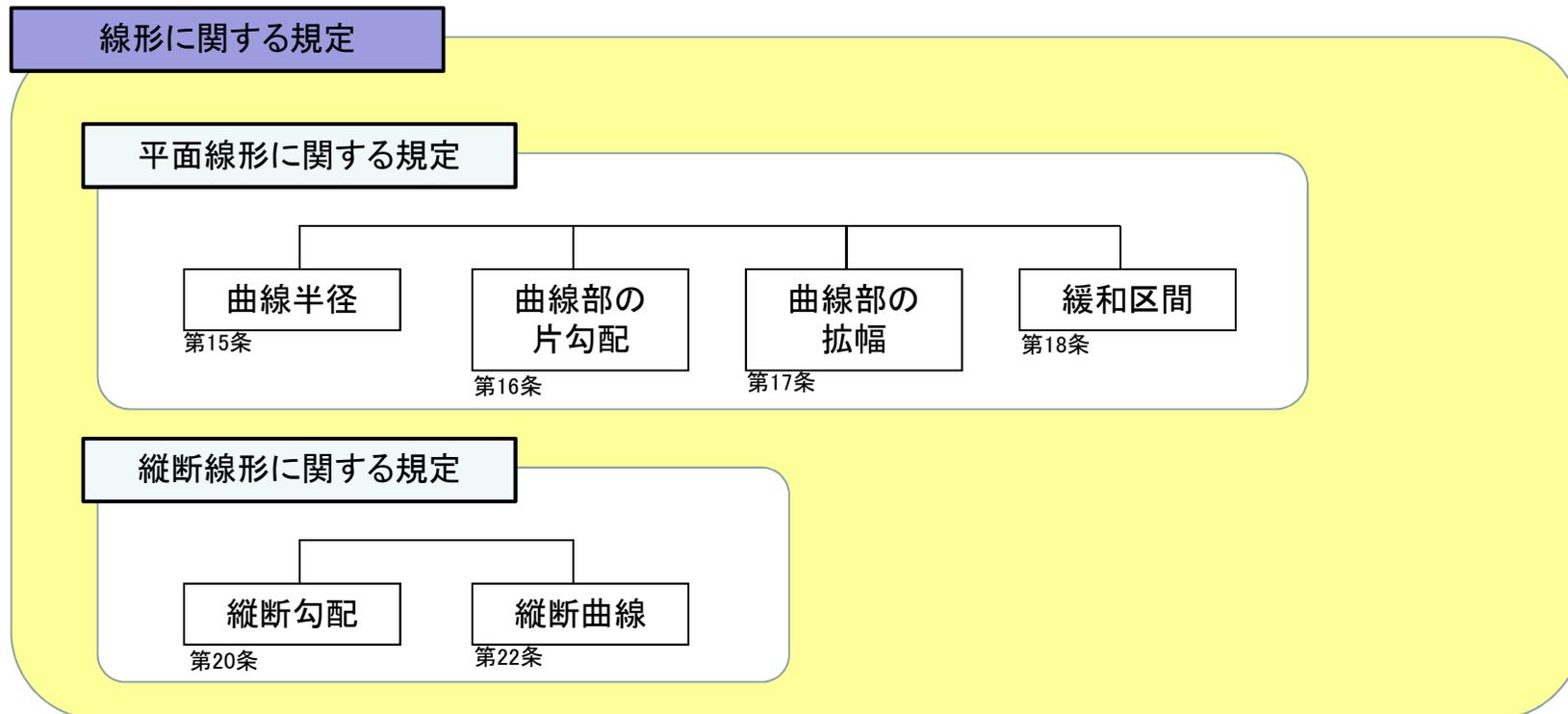


4 線形

- 道路構造の線形は、横方向の平面線形と、縦方向の縦断線形の組み合わせにより規定され、交通の安全性・円滑性の観点から設計速度に密接に関係する。
- 平面線形の規定は、曲線半径、曲線部の片勾配、拡幅、緩和区間で構成される。
- 縦断線形の規定は、縦断勾配、縦断曲線で構成される。



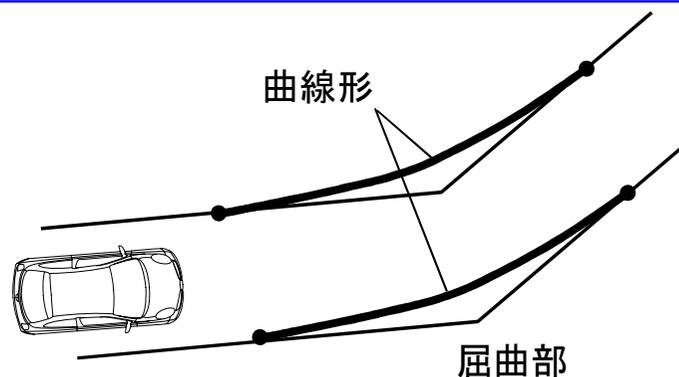
4-1 平面線形に関する規定

4-1 車道の屈曲部

○車道の屈曲部の形状は、自動車の交通の安全性・円滑性に大きな影響を与えるため、曲線形とすることを定めている。

<道路構造令第14条>

・車道の屈曲部は、曲線形とするものとする。ただし、緩和区間(車両の走行を円滑ならしめるために車道の屈曲部に設けられる一定の区間をいう。以下同じ。)又は第3種第5級の道路には、自動車を減速させて歩行者又は自転車の安全な通行を確保する必要がある場合に設けられる屈曲部については、この限りでない。



4-1 平面線形に関する規定

4-1-1 曲線半径

- 自動車の交通の安全性・円滑性を確保する観点から、道路の曲線部において、安定した走行ができるように曲線部の最小半径を定めている。
- 最小曲線半径については、自動車に加わる遠心力等の横方向に働く力が、タイヤと路面の摩擦によって与えられる力を超えないことはもとより、乗員に働く遠心力と乗心地のバランスを考慮して定めている。

<道路構造令第15条>

- ・車道の屈曲部のうち緩和区間を除いた部分の中心線の曲線半径は、設計速度に応じ、表に掲げる値以上とする。
- ・ただし、地形の状況その他の理由によりやむを得ない箇所については右欄に掲げる値まで縮小することができる。

設計速度 (km/h)	曲線半径 (m)	
120	710	570
100	460	380
...
20	15	

4-1 平面線形に関する規定

4-1-1 曲線半径

- 横すべりに対して安定であるための速度、曲線半径、片勾配および横すべり摩擦係数の関係式は、以下のとおりであり、曲線半径は設計速度と横すべり摩擦係数及び片勾配の関係から求められる。

$$Z = \frac{G}{g} \frac{U^2}{R} \quad \dots(1) \text{式}$$

- Z : 遠心力(N)
- U : 自動車の速度(m/s)
- g : 重力の加速度(≒9.81 m/s²)
- G : 自動車の総重量(N)
- f : 横すべりに対する路面とタイヤの摩擦係数
- i : 路面の片勾配(=tan α)
- R : 曲線半径(m)

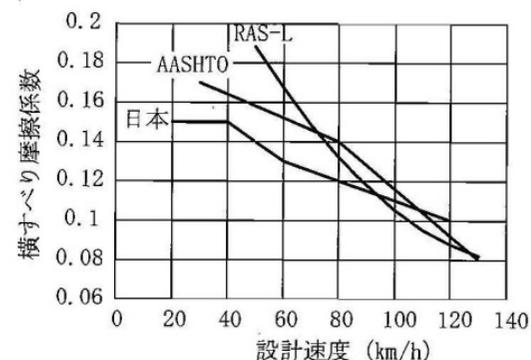


図 設計速度と設計上の横すべり摩擦係数

- 下図において、横すべりを生じさせないための条件

$$Z \cos \alpha - G \sin \alpha \leq f(Z \sin \alpha + G \cos \alpha) \quad \dots(2) \text{式}$$

(2)式に(1)式を代入し、式展開により

$$R \geq \frac{V^2}{127(i+f)} \quad \dots(3) \text{式}$$

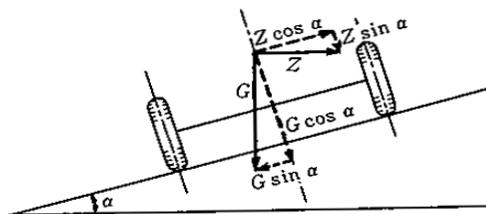


図 曲線部走行時の横すべりの限度

表 最小曲線半径の算定値

設計速度 V (km/h)	設計上の 横すべり 摩擦係数 f	曲線半径 R (m)		
		片勾配 i=6 %	片勾配 i=8 %	片勾配 i=10 %
120	0.10	709	630	567
100	0.11	463	414	375
80	0.12	280	252	229
60	0.13	149	135	123
50	0.14	98	89	82
40	0.15	60	55	50
30	0.15	34	31	28
20	0.15	15	14	13

出典: 道路構造令の解説と運用(令和3年3月(公社)日本道路協会)

4-1 平面線形に関する規定

4-1-2 曲線部の片勾配

- 自動車は曲線部を走行する際に、横方向に受ける力を緩和することにより、自動車の安全な走行を実現し、乗員の遠心力等による不快感を緩和するため、曲線部の片勾配の設置について規定を設けている。
- ただし、片勾配をあまり大きくすると、低速走行時の斜行や、降雨雪時のスリップの原因となるため、片勾配の最大値を定めている。

＜道路構造令第16条＞

- ・車道等には、曲線半径がきわめて大きい場合を除き、道路の区分又は地域の積雪寒冷の度に応じ、かつ、設計速度、曲線半径、地形の状況等を勘案し、表に掲げる値以下で適切な値の片勾配を附する
- ・第4種の道路は、やむを得ない場合は附さないことができる

区分	道路の存する地域		最大片勾配(%)
第1種、第2種 及び第3種	積雪寒冷 地域	積雪寒冷の度 がはなはだしい地域	6
		その他の地域	8
	その他の地域		10
第4種			6

※想定される自動車の走行実態に基づき不都合のない範囲で片勾配の値を変更できる。

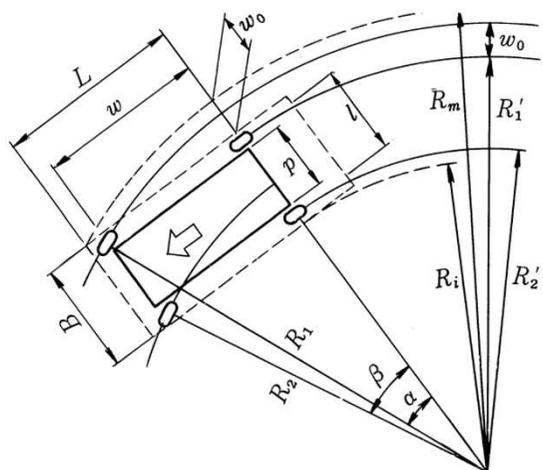
4-1 平面線形に関する規定

4-1-3 曲線部の拡幅

○自動車の前輪と後輪は、曲線部では異なった軌跡を描くことから、直線部の幅員よりも広い車線幅員が必要とされるため、自動車の通行の安全性・円滑性を確保する観点から曲線部の拡幅の規定を定めている。

＜道路構造令第17条＞

- ・車道の曲線部においては、設計車両及び曲線半径に応じ、車線を適切に拡幅する
- ・第2種、第4種の道路は、やむを得ない場合はこの限りでない



B : 車両幅員 L : 車両の長さ
 R_m : 外側曲線半径 R_i : 内側曲線半径
 w_0' : 拡幅量

図 車輪および車体の軌跡の概念

出典: 道路構造令の解説と運用(令和3年3月(公社) 日本道路協会)



主要地方道 渋川松井田線 (群馬県)

4-1 平面線形に関する規定

4-1-4 緩和区間

○自動車の交通の安全性・円滑性を確保する観点から、走行時において、線形が急に変わることによる急なハンドル操作や乗員へ衝撃を与えることを防ぐために、設計速度に応じて、緩やかにすりつける緩和区間の設置等を定めている。

＜道路構造令第18条＞

- ・車道の屈曲部には、緩和区間を設ける
(第4種の道路は、やむを得ない場合は、この限りでない)
- ・車道の曲線部において片勾配を附し、又は拡幅をする場合は、緩和区間においてすりつける
- ・緩和区間の長さは、設計速度に応じ、表に掲げる値以上とする

設計速度 (km/h)	緩和区間の長さ(m)
120	100
100	85
...	...
20	20

$$\text{遠心加速度} = \text{走行速度}^2 / \text{円曲線の半径}$$

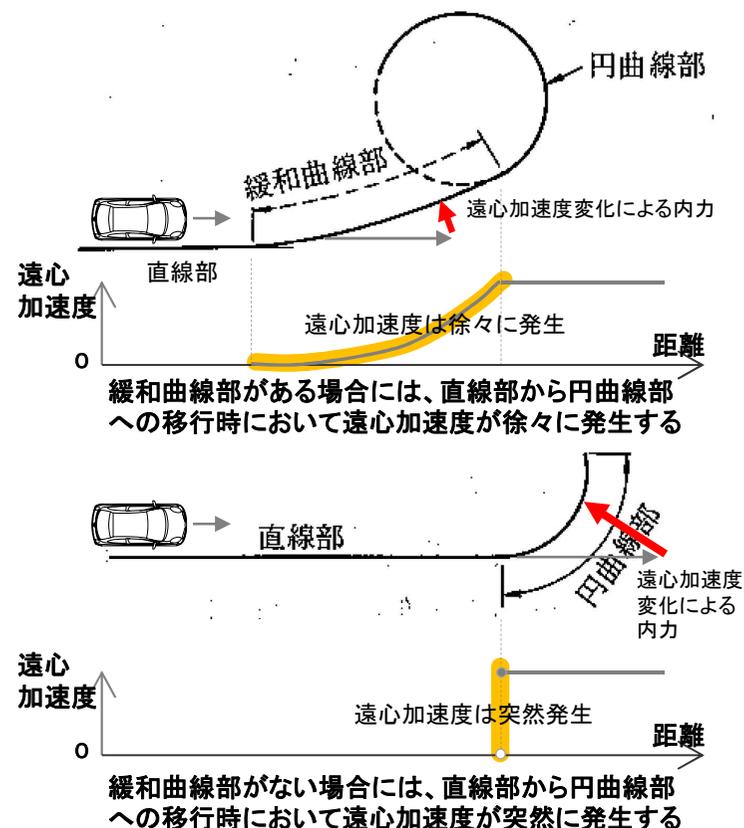


図 緩和曲線の概念と役割

4-1 平面線形に関する規定

4-1-4 緩和区間

- ・緩和曲線区間を走る車に乗る人が受ける横力と、その緩和走行時間を勘案して必要な緩和曲線長を算定する。
- ・横力は、遠心加速度の変化率を計算するショーツ式で表される。

ショーツ式
$$L \geq \left[\frac{V}{3.6} \right]^3 / (P \cdot R)$$

L : 緩和区間の長さ
 V : 設計速度 (km/h)
 P : 遠心加速度の変化率
 R : 円曲線の半径 (m)

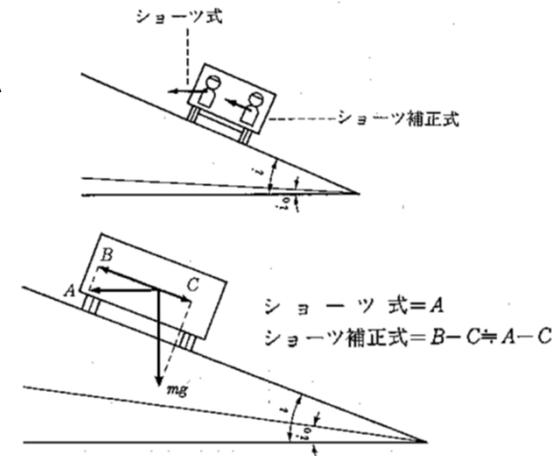


図 遠心加速度

- ・緩和区間の乗心地に影響を与える遠心加速度の変化率の許容値は、鉄道やAASHTOの値を参考に0.5~0.75m/s³としている。
- ・この遠心加速度の変化率の許容値を満足することができる緩和走行時間t=3秒に採用し緩和曲線長を決定している。

表 緩和区間長と遠心加速度の変化率(t=3秒としたとき)

設計速度V (km/h)	120	100	80	60	50	40	30	20
緩和曲線長L (m)	100	85	70	50	40	35	25	20
片勾配10%のR _{min}	570	380	230	120	80	50	—	—
上記最小半径に対するρ	0.65 ~0.32	0.67 ~0.35	0.68 ~0.37	0.77 ~0.45	0.84 ~0.50	0.78 ~0.47	—	—
片勾配8%のR _{min}	630	410	250	140	90	55	30	15
上記最小半径に対するρ	0.58 ~0.33	0.62 ~0.35	0.63 ~0.39	0.66 ~0.40	0.74 ~0.47	0.71 ~0.46	0.77 ~0.51	0.57 ~0.35
片勾配6%のR _{min}	710	460	280	150	100	60	30	15
上記最小半径に対するρ	0.52 ~0.26	0.55 ~0.26	0.56 ~0.28	0.62 ~0.32	0.67 ~0.36	0.65 ~0.34	0.77 ~0.58	0.57 ~0.40

(ρの値は、ショーツ式によるものを上限、ショーツ補正式によるものを下限としてその範囲を示してある。)

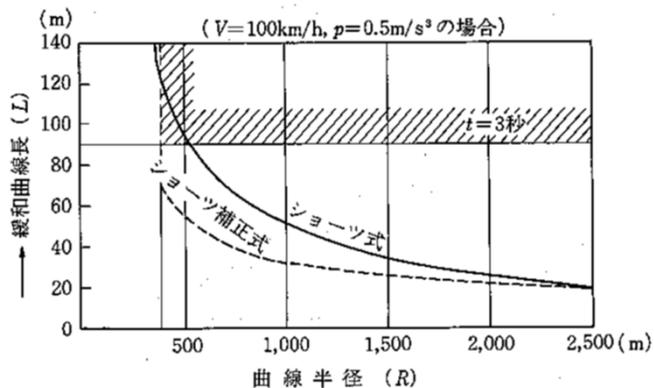


図 円曲線の半径と緩和曲線長

4-2 縦断線形に関する規定

4-2-1 縦断勾配

- 自動車の交通の安全性、円滑性の観点から、速度低下が著しい車両によって生じる道路の交通容量低下及び交通の安全性低下を回避するために、設計速度に応じて縦断勾配を規定している。
- 乗用車は平均速度で、普通トラックは設計速度の約1/2の速度で登坂できるように規定となる値を定めている。

<道路構造令第20条>

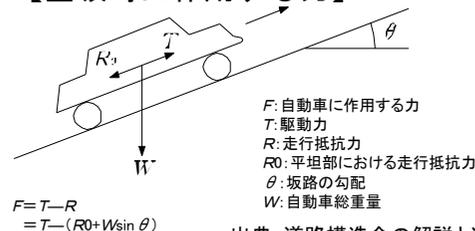
- ・車道の縦断勾配は、道路の区分及び設計速度に応じ、表に掲げる値以下とする。
(やむを得ない場合は、特例値以下とすることができる)

設計速度 (km/h)	縦断勾配(普通道路) (%)		
	規定値	特例値	
		第1種,第2種,第3種	第4種
120	2	5	
100	3	6	
...
20	9	12	11

【縦断勾配の基準算定に用いた車両性能】

- ・普通トラック : 0.76W/N (10PS/t)
- ・大型トレーラ : 0.53W/N (7PS/t)
- ・乗用車 : 3.0W/N (40PS/t)

【登坂時に作用する力】



【登坂可能勾配】

設計速度(km/h)	120	100	...	20
許容速度(km/h)	60	50	...	15
普通トラック(満載)	2.0	2.5	...	9.5

(普通トラック(満載)が示す数値; 縦断勾配%)

※各勾配における駆動力と走行抵抗力の関係から整理

4-2 縦断線形に関する規定

4-2-2 縦断曲線

○自動車の交通の安全性・円滑性の観点から、縦断勾配の変移する箇所において、勾配の急な変化による衝撃の緩和し、視距を確保するため、緩やかにすりつける区間として縦断曲線の設置等を定めている。

<道路構造令第22条>

- ・車線の縦断勾配が変移する箇所には、縦断曲線を設ける
- ・縦断曲線の半径は、設計速度及び曲線形に応じ、表に掲げる値以上
- ・縦断曲線の長さは、設計速度に応じ、表に掲げる値以上

設計速度 (km/h)	縦断曲線の半径(m)		縦断曲線の長さ (m)
	凸形曲線	凹形曲線	
120	11,000	4,000	100
100	6,500	3,000	85
...
20	100	100	20

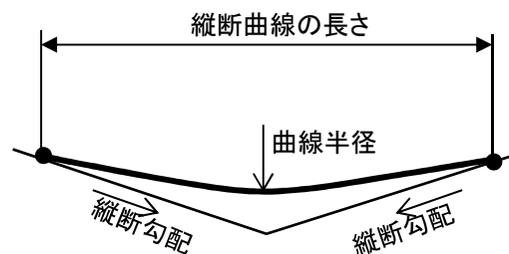


図 縦断曲線(凹型曲線)

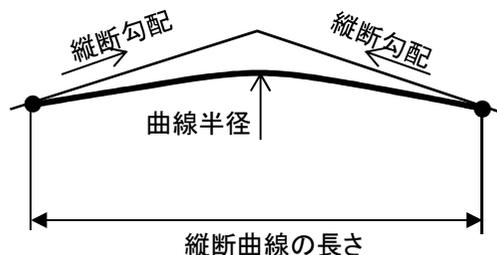
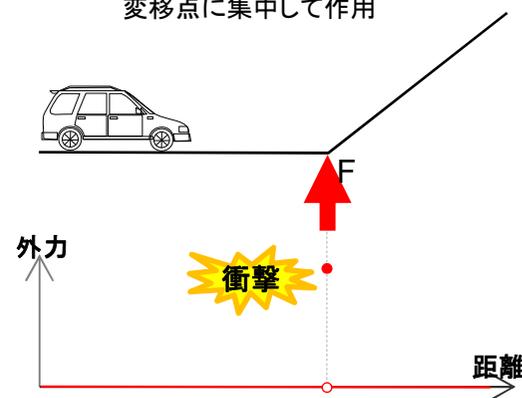


図 縦断曲線(凸型曲線)

自動車の向きを変える外力Fが縦断勾配の変移点に集中して作用



自動車の向きを変える外力Fが縦断曲線内で分散して作用

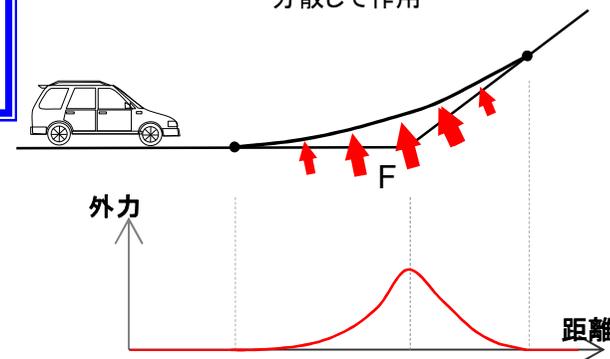


図 縦断曲線の意義

4-2 縦断線形に関する規定

4-2-3 縦断曲線

○各設計速度に対する縦断曲線半径の規定値は、衝撃緩和および視距確保に必要な縦断曲線長より算定される。

表 凸型縦断曲線半径の計算

設計速度 (km/h)	(1)衝撃緩和 $L_v = \frac{V^2}{360} \Delta$	(2)視 距 $L_v = \frac{D^2}{398} \Delta$	(3)必要縦断 曲線長	(4)凸形縦断 曲線半径 (m)
120	40.0 Δ	111.0 Δ	110 Δ	11,000
100	27.8 Δ	64.5 Δ	65 Δ	6,500
80	17.8 Δ	30.2 Δ	30 Δ	3,000
60	10.0 Δ	14.1 Δ	14 Δ	1,400
50	7.0 Δ	7.6 Δ	8 Δ	800
40	4.4 Δ	4.1 Δ	4.5 Δ	450
30	2.5 Δ	2.3 Δ	2.5 Δ	250
20	1.1 Δ	1.0 Δ	1.0 Δ	100

注) (3)に100/Δを乗ずると縦断曲線半径が得られる。(3-40)式参照。
 Δ: 縦断勾配の代数差の絶対値 (%)
 D: 視距 (m)
 V: 走行速度 (km/h)(設計速度をとる)

表 凹型縦断曲線半径の計算

設計速度 (km/h)	(1)衝撃緩和 $L_v = \frac{V^2}{360} \Delta$	(2)視 距 $L_v = \frac{D^2}{2692} \Delta$	(3)必要縦断 曲線長	(4)凹形縦断 曲線半径 (m)
120	40.0 Δ	16.4 Δ	40 Δ	4,000
100	27.8 Δ	9.5 Δ	30 Δ	3,000
80	17.8 Δ	4.5 Δ	20 Δ	2,000
60	10.0 Δ	2.1 Δ	10 Δ	1,000
50	7.0 Δ	1.1 Δ	7 Δ	700
40	4.5 Δ	0.6 Δ	4.5 Δ	450
30	2.5 Δ	0.3 Δ	2.5 Δ	250
20	1.1 Δ	0.1 Δ	1.0 Δ	100

注) (3)に100/Δを乗ずると縦断曲線半径が得られる。(3-40)式参照。
 Δ: 縦断勾配の代数差の絶対値 (%)
 D: 視距 (m)
 V: 走行速度 (km/h)(設計速度をとる)

○各設計速度に対する縦断曲線長の規定値は、視覚上必要な縦断曲線長より算定される。

表 縦断曲線長の計算

設計速度 (km/h)	(1)必要縦断曲線長 $L_v = V/1.2$	(2)縦断曲線長の規定値
120	100.0	100
100	83.3	85
80	66.7	70
60	50.0	50
50	41.7	40
40	33.3	35
30	25.0	25
20	16.7	20

注) V: 走行速度 (km/h) (設計速度をとる)