

十、鐵路工程之線形(補充)

◎ 台鐵超高計算(平衡超高)

重力與離心力之合力垂直於路線中心線

$$\tan \theta = \frac{F}{W} = \frac{C}{G}$$

離心力 $F = mv^2 / R$, 重量 $W = mg$

軌距 $G = 1067mm$, $g = 9.8m/sec^2$

$$\text{平衡超高 } C (mm) = \frac{1067V^2}{127R} = 8.4 \frac{V^2}{R} = 0.0073V^2 D$$

◎ 理論最大超高度

鐵路車輛停在軌道上，當一軌逐漸增高(超高)車輛重心移向內軌。當超高度增大至使車輛將傾未傾前之狀態，此時車輛重心恰落在內軌上，此超高度稱之。

$$\tan \theta = \frac{G/2}{H} = \frac{C'}{G}$$

當台鐵車輛重心高度 $H = 1700mm$

$$\text{理論最大超高度 } C' (mm) = \frac{1067/2 * 1067}{1700} \approx 335mm$$

◎ 車輛傾倒之安全係數(f)

$$f = \frac{\text{理論最大超高度}}{\text{實際超高度}} = \frac{C'}{C} = \frac{G^2}{2CH}$$

$$\tan \theta = \frac{\chi}{H} = \frac{C}{G} , \quad \chi = \frac{CH}{G} = \frac{1}{f} \times \frac{G}{2}$$

χ = 停在曲線之車輛重心向內軌之偏移量

一般安全係數 $f=3$ ，台鐵實用最大超高度=105mm；停在曲線之車輛重心經過內軌與軌道中心線之三分點。

◎列車速率與傾倒安全率

$$\tan(\alpha - \theta) = \frac{\chi}{H}, \quad \tan(\alpha - \theta) = \frac{\tan \alpha - \tan \theta}{1 - \tan \alpha \tan \theta}$$

$$\text{當 } V > V_0, \quad \chi = H \left(\frac{V^2 - V_0^2}{127R} \right) = \frac{G}{2f}$$

χ = 合力偏離軌道中心而向外軌側之距離

$$f = \frac{G}{2H} \left(\frac{127R}{V^2 - V_0^2} \right) = \frac{G}{2H} \left(\frac{1}{\frac{V^2}{127R} - \frac{C}{G}} \right)$$

$$V = \sqrt{127R \left(\frac{G}{2fH} + \frac{C}{G} \right)}$$

傾倒安全率須比靜止時略大，一般取 $f=4$ 。

◎超高不足量

$$C_d = C_v - C = 8.4 \frac{V^2 - V_0^2}{R}$$

$$\left(\frac{C_d}{G} \right) \approx \frac{\chi}{H}, \quad \chi = \text{合力偏離軌道中心之距離, 不得大於 } 1/8G$$

$$C_d \leq \frac{G^2}{8H}, \quad C_d \leq \frac{1067^2}{8(1700)} = 84\text{mm}$$

台鐵一般列車最大 $C_d=50\text{mm}$ ，電氣列車

$C_d=60\text{mm}$

◎超高修正

$$C = \frac{GV^2}{127R}, \quad G = 1067 + \text{公差} + \text{軌距加寬} + x_1 + x_2$$

$x_1 + x_2$ 為左右軌距線至車輪踏面中心之間距
較進步之軌道水準尺改量 θ 角, 則無需修正

◎曲線限速理論

$$V_1 \leq \sqrt{127R \left(\frac{G}{2fH} + \frac{C}{G} \right)}$$

(1) $f = 4, G = 1067\text{mm}, H = 1700\text{mm}, C = 105\text{mm}$

$$V_1 \leq 4.74\sqrt{R} \text{ (一般路線)}$$

(2) $f = 4, G = 1067\text{mm}, H = 1700\text{mm}, C = 0\text{mm}$

$$V_1 \leq 3.16\sqrt{R} \text{ (道岔附帶曲線)}$$

◎介曲線長度

$$L_1 \leq nC, \quad L_2 \leq aCV, \quad L_3 \leq a'C_dV$$

台鐵常用之常數 n, a, a' 值：

	特甲級及甲級線	乙級線	特殊路線
n	0.8	0.6	0.4
a	0.01	0.008	0.006
a'	0.009	0.009	0.007

(1) $L_1 \leq nC$

考慮車輛因三點支承問題

$$\frac{l}{n} = \frac{f}{\ell} = \frac{\text{最小上浮量} - \text{高低養護公差}}{\text{固定軸距}} = \frac{20 - 9}{4600} \approx \frac{1}{400}$$

(2) $L_2 \leq aCV$

台鐵規定單位時間超高增加量 $\leq 29, 35, 46 \text{ mm/sec}$

$$L_2 = 0.278V \left[\frac{C}{29}, \frac{C}{35}, \frac{C}{46} \right] \approx [0.01, 0.008, 0.006]CV$$

(3) $L_3 \leq a'C_dV$

台鐵規定離心加速度增加率 $\leq 0.03 \text{ g/sec}$

$$L_3 = 0.278V \frac{C_d g}{G(0.03g)} \approx 0.009C_dV$$

【例題】

- 一、假設有一台鐵軌道線形，曲率半徑=1500 公尺，實際超高度=100mm。令車輛向外傾倒的安全係數=4，車輛重心高度=1700mm。(15%)
- (a) 試決定列車在此曲線上之容許最高速度。
- (b) 若曲線之最高速度定為 160kph，試以台鐵甲級線之規定，決定緩和曲線所需的長度。

表一 台鐵常用之常數 n, a, a' 值

	特甲級及甲級線	乙級線	特殊路線
n	0.8	0.6	0.4
a	0.01	0.008	0.006
a'	0.009	0.009	0.007

- 一、 For the track alignment of Taiwan railways, assuming the radius or curvature (R) is 1,500 m, actual superelevation is 100 mm. If the safety factor of overturning toward the outer rail is set to 4, the height of the center of gravity of the train is 1700mm。(15%)
- (c) Determine the highest allowable train speed on the curve.
- (d) If the highest train is set to 160 kph, please determine the required length of transition curve using the Grade A specifications as shown in Table 1.

Table 1 The n, a, a' values used for Taiwan railways

	Grade A	Grade B	Special Route
n	0.8	0.6	0.4
a	0.01	0.008	0.006
a'	0.009	0.009	0.007

- 1、 車輛傾倒之安全係數係定義為_____與實際超高之比值。
The overturning safety factor of a train car is defined as the ratio of _____ and actual superelevation.
- 2、 台鐵介曲線長度之決定公式中，有考慮車輛因_____而上浮出軌之問題、並規定了單位時間超高增加量與_____增加率之上限值。