

IV-40 高速度緩和曲線の基礎的諸条件と形状について

正員 鉄道技術研究所 多谷虎男

§1. 高速度緩和曲線の形状決定のための基礎的諸条件

(a). カント決定のための基礎的諸条件

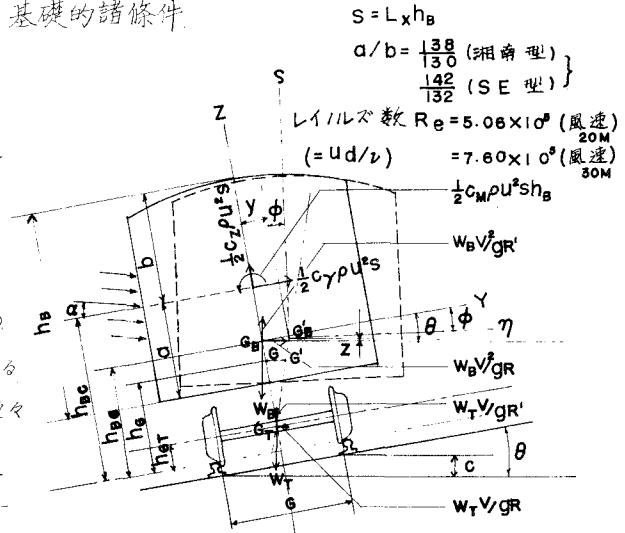
種々の速度を有する列車が曲線軌道上を走行する場合、カント設定速度をどの列車速度とするかについては、三つの観点がある。即ち、(1)内外軌條の磨耗量を均等なうしめ、保線費の経済的合理化を目的とするもの。(2)乗客の乗心地の快適と目的とするもの。(3)車両の転倒に対する安全性を考慮して決めるもの。の三つである。(1)の観点からは従来種々の平均速度算出公式、例えば、

$$V = \sqrt{\frac{R V_1^2 + R V_2^2 + \dots + R V_n^2}{R_1 + R_2 + \dots + R_n}} \quad \text{又は} \quad V = \sqrt{\frac{W_1 V_1^2 + W_2 V_2^2}{W_1 V_1 + W_2 V_2}}$$

などがカント設定速度を算出する式として用いられて来た。しかし乍ら最高時速 250 km/h 、最小曲線半径 $2,500 \text{ m}$ の条件下では、(1)の条件に準據する前に、高速優等旅客列車の速度と基準として、その乗心地を快適なうしめる(2)の条件が要請せられ、更に決定的な条件として(3)の車両の転倒に対する安全性の問題が登場する。比較的低速度の軌道にあつては最高列車速度に対する必要最大カント量もそれ程大ではないから、(1)の条件に従つてカントを設定しても、曲線上で停車又は走行中の車両の曲線内方又は外方に対する安全性は同時に確保され得るのが常であるが、 250 km/h の様な極めて高速な軌道で、最小曲線半径を $2,500 \text{ m}$ とする場合に於ては、(1)の条件でカントを設定しても、(2)(3)の条件は満足されない。 $V_m = 250 \text{ km/h}$ 、 $R = 2,500 \text{ m}$ では均衡カント量として $C = 295 \text{ mm}$ を要するが、この様に大きなカント量では、このカント量を相当に下廻る程度に設定カントを抑えても、曲線中で停車又は低速度運転をした場合、側面風による車両の曲線内方側への転倒の安全性が失われ勝ちとなり、無風時に於ても曲線内方側への加速度は乗心地快適の限度を越す結果となり勝ちである。又逆に設定カントが余りに小に失すれば、最高速度の車両に対するカント不足量が過大となり、曲線外方側への車両の転倒及び超過遠心力が問題となる。即ち、 $V_m = 250 \text{ km/h}$ 、 $R = 2,500 \text{ m}$ の軌道では設定カントは曲線内方及び外方への車両の転倒安全性を考慮して、その中帯点附近に落着かせることを先決条件とし、これに許し得れば乗心地上の考慮を加味して決定せられることになる。

(b). 緩和曲線長決定のための諸条件

緩和曲線の実際の平面形を決定する前提として次に決定して置かねばならぬ問題は緩和曲線長をどの様にとればよいかと云うことである。緩和曲線長を決定する条件は人別して次の二つになる。(1)カントの時間的变化割合、即ち車両の傾斜角速度、角加速度、 $Jerk$ を許容量以



内とすること。(L=6.2 C_m V). (ii) 設定カントに対する不均衡遠心力(超過及び不足遠心力)の時間的変化割合を許容値以内とすること。(L=7.5 C_n V). (iii) カントの逡減倍率 n が一定値以下にならない様にする。 (L=n C). (iv) 車両の重心を通る鉛直軸の周りの車両の回転角加速度を一定値以下とすること。

§ 2. 高速度緩和曲線の形状

(a). カント逡減の鉛直面曲線形

§ 1. (b) による考え方をもとゝしてカント逡減の鉛直面曲線形は緩和曲線始端部及び終端部を夫々半波長 $l_0 = 40^m$ の sine curve とし、中間をカント逡減倍率 $n = 1,000$ の直線とする逡減方法が实际的で且つ合理的であると考えられる。この鉛直面曲線形は次式で表わされる。

$$\left. \begin{aligned} C_x &= \frac{l_0}{2n} \left\{ \frac{x}{l_0} - \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{l_0} x\right) \right\} \dots\dots\dots (0 \leq x \leq l_0) \\ &= \frac{1}{n} \left(x - \frac{l_0}{2} \right) \dots\dots\dots (l_0 \leq x \leq L - l_0) \\ &= \frac{l_0}{2n} \left\{ \frac{1}{l_0} (x + L - 2l_0) - \frac{1}{\pi} \sin\frac{\pi}{l_0} (x - L + 2l_0) \right\} \dots\dots\dots (L - l_0 \leq x \leq L) \end{aligned} \right\}$$

(b). 緩和曲線の平面形

車両の重心が運動する曲線の軌跡は軌道中心線の曲線とは異り、従つて車両の重心に作用する遠心力は軌道中心線の曲率に基く遠心力ではない。吾々は車両の重心に作用する真の遠心力に対応するカントを与える様な軌道中心線の曲線を求める必要がある。重心の平面座標を (X, Y) と表わし、軌道中心線上二点の中点の平面座標を (X', Y') とすれば、

$$\begin{aligned} Y &= \frac{h_g}{G} C + Y' = \frac{1}{2} \left\{ \frac{h_g}{G} (C_x + C_{x-2l}) + (Y')_x + (Y')_{x-2l} \right\} \\ \therefore \frac{1}{G} = \ddot{Y} &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{h_g}{G} (\ddot{C}_x + \ddot{C}_{x-2l}) + (\ddot{Y})_x + (\ddot{Y})_{x-2l} \right\} \quad \text{但し } \frac{1}{G} \text{ は車両の重心の運動曲線の曲率とする} \\ \therefore \frac{127C}{GV^2} &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{h_g}{G} (\ddot{C}_x + \ddot{C}_{x-2l}) + (\ddot{Y})_x + (\ddot{Y})_{x-2l} \right\} \\ \frac{1}{2C_0 R} (C_x + C_{x-2l}) &= \frac{1}{2} \left\{ \frac{h_g}{G} (\ddot{C}_x + \ddot{C}_{x-2l}) + (\ddot{Y})_x + (\ddot{Y})_{x-2l} \right\} \\ \therefore (\ddot{Y})_x + (\ddot{Y})_{x-2l} &= \frac{1}{C_0 R} (C_x + C_{x-2l}) - \frac{h_g}{G} (\ddot{C}_x + \ddot{C}_{x-2l}) \\ \therefore (\ddot{Y})_x &= \frac{1}{C_0 R} C_x - \frac{h_g}{G} \ddot{C}_x \end{aligned}$$

今、本節の (a) で選んだ様な曲線形を C_x の曲線形として用うれば、

$$\left. \begin{aligned} (\ddot{Y})_x &= \frac{1}{C_0 R} \frac{l_0}{2n} \left\{ \frac{x}{l_0} - \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{l_0} x\right) \right\} - \frac{h_g}{G} \frac{\pi}{2nl_0} \sin\left(\frac{\pi}{l_0} x\right) \dots\dots\dots (0 \leq x \leq l_0) \\ &= \frac{1}{C_0 R} \frac{1}{n} \left(x - \frac{l_0}{2} \right) \dots\dots\dots (l_0 \leq x \leq L - l_0) \\ &= \frac{1}{C_0 R} \frac{l_0}{2n} \left\{ \frac{1}{l_0} (x + L - 2l_0) - \frac{1}{\pi} \sin\frac{\pi}{l_0} (x - L + 2l_0) \right\} - \frac{h_g}{G} \frac{\pi}{2nl_0} \sin\frac{\pi}{l_0} (x - L + 2l_0) \dots\dots\dots (L - l_0 \leq x \leq L) \end{aligned} \right\}$$

$$\text{従つて、} (Y)_x = \int \int \frac{1}{C_0 R} C_x dx dx - \int \int \frac{h_g}{G} \ddot{C}_x dx dx$$

$$\left. \begin{aligned} &= \frac{1}{C_0 R} \left[\frac{x^3}{12n} + \frac{l_0^2}{2n\pi^2} \left\{ \frac{l_0}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{l_0} x\right) - x \right\} \right] - \frac{l_0 h_g}{2nG} \left\{ \frac{x}{l_0} - \frac{1}{\pi} \sin\left(\frac{\pi}{l_0} x\right) \right\} \dots\dots\dots (0 \leq x \leq l_0) \\ &= \frac{1}{C_0 R} \left[\frac{x^3}{6n} - \frac{l_0 x^2}{4n} + \frac{l_0^2}{n} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{\pi^2} \right) x - \frac{l_0^3}{2n} \left(-\frac{1}{6} - \frac{1}{\pi^2} \right) \right] - \frac{h_g}{nG} \left(x - \frac{l_0}{2} \right) \dots\dots\dots (l_0 \leq x \leq L - l_0) \\ &= \frac{1}{C_0 R} \left[\frac{x^3}{12n} + \frac{1}{4n} (L - 2l_0) x^2 + \frac{l_0^2}{2n\pi^2} \sin\frac{\pi}{l_0} (x - L + 2l_0) - \frac{n}{4} \ddot{C}_0 x + \frac{l_0^2}{n} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{2\pi^2} \right) x \right. \\ &\quad \left. + \frac{(L - l_0)^2 - l_0^2}{12n} - \frac{l_0^2 (L - 2l_0)}{2n\pi^2} \right] - \frac{h_g}{G} \left[\frac{l_0}{2n} \left\{ \frac{1}{l_0} (x + L - 2l_0) - \frac{1}{\pi} \sin\frac{\pi}{l_0} (x - L + 2l_0) \right\} \right] \dots\dots\dots (L - l_0 \leq x \leq L) \end{aligned} \right\}$$