

$$\left. \begin{aligned} \text{とおけば} \quad T &= \frac{1}{2} \rho a \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial Z}{\partial t} \right)^2 dx \\ V &= \frac{1}{2} EI_y \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial^2 Z}{\partial x^2} \right)^2 dx + \frac{k}{2} \int_0^{l_0} Z^2 dx \\ F &= \frac{1}{2} \rho a K \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial Z}{\partial t} \right)^2 dx + \frac{R}{2} \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial Z}{\partial t} \right)^2 dx \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (4)$$

ここに EI_y = 軌條横曲げ剛性, a = 軌條斷面積
 ρ = 軌條密度, k = 軌條横抵抗係数
 R = 基礎横抵抗係数, K = 内部摩擦係数

(3)を(4)に入れ Lagrange の方程式を解くと

$$\ddot{q}_j + 2s\dot{q}_j + n_j^2 q_j = \frac{2}{\rho a l_0} \bar{w} \dots\dots\dots (5)$$

$$\text{ここに} \quad \varepsilon = \frac{1}{2} \left(K + \frac{R}{\rho a} \right), \quad n_j^2 = \frac{1}{\rho a} \left\{ EI_y \left(\frac{j\pi}{l_0} \right)^4 + k \right\} \dots\dots\dots (6)$$

$$\text{一般力} \quad \bar{w} = \left\{ H \pm Q \cos(\omega t + \varphi) \right\} \sin \frac{j\pi}{l_0} (vt + s) \dots\dots\dots (7)$$

(7)を(5)に入れ q_j を求め(3)より Z_{xt} を算出し横曲げモーメント M_{xt} は強制振動の項のみとて表わすと

$$\begin{aligned} M_{xt} &= \frac{EI_y}{\rho a l_0} \sum_{j=1}^{\infty} \left(\frac{j\pi}{l_0} \right)^2 \left\{ 2H\xi_j \cos \left\{ \frac{j\pi}{l_0} (vt + s) + \lambda_j \right\} + Q\eta_j \cos \left\{ \left(\frac{j\pi v}{l_0} + \omega \right) t + \mu_j \right\} \right. \\ &\quad \left. + Q\eta_j' \cos \left\{ \left(\frac{j\pi v}{l_0} - \omega \right) t + \mu_j' \right\} \right\} \sin \frac{j\pi x}{l_0} \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

$\xi_j, \lambda_j, \eta_j, \mu_j, \eta_j', \mu_j'$ はそれぞれ $\varepsilon, \frac{j\pi v}{l_0}, \sigma_j = \sqrt{n_j^2 - \varepsilon^2}, \frac{j\pi s}{l_0}, \omega$ 等で表わされる値である。荷重がスパン中央にあると

$$M_c = \frac{EI_y}{\rho a l_0} \sum_{j=1,3,5} \left(\frac{j\pi}{l_0} \right)^2 (-1)^{(j-1)/2} \quad [\text{式(8)と同一項}] \dots\dots\dots (9)$$

4. 計算例による検討 9900 型機関車で $V=72$ km/hr, 50 kg レールとして計算を行うと, $l_0=375$ cm², $k=22$ kg/cm²³, $P-G_{hn}=200$ kg, $H=750$ kg, $Q=2030$ kg となり, 隣接荷重の影響を考慮すると $\pm H_t$ に対し $M_{max}=9610$ kg-cm, $\sigma_{max}=162$ kg/cm², $M_{min}=-4060$ kg-cm, $\sigma_{min}=-67.3$ kg/cm² を得る。この結果一般に横應力は軌條を外方へ移動せしめる如き場合に大となることが了解される。

文献 1) 軌條に作用する横壓力。千秋邦夫: 土木學會誌, 27 卷 8 號, p. 714. 2), 3) 軌條の横強度理論 (I) 佐藤裕. 土木學會論文集, 第 5 號, p. 23. を参考として推定した値である。

116. 軌道繼目構造の強化 (20分)

正員 大阪市立大學理工學部 岡 部 二 郎

1. 次の方程式を解いて P, M, y , 繼目板應力及び道床壓力強度を求めることができるが, 今式中の $\beta, \alpha,$

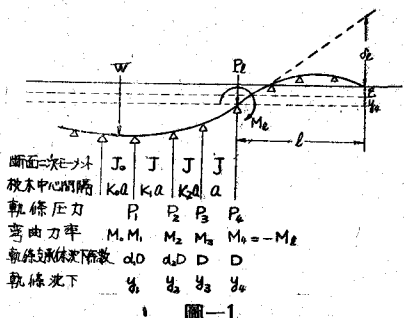


図-1

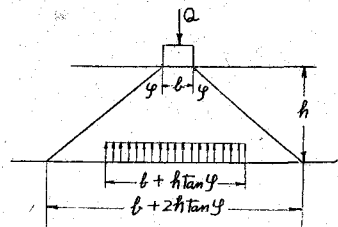


図-2

a, k, b, l の値を変えて、繼目構造と諸應力の関係を計算した。(圖-1 参照, 支接繼目の計算式省略)

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{K_1}{K_0} \beta M_2 + 2 \left(\frac{K_1}{K_0} \beta + 1 \right) M_1 + M_1 &= -\frac{6EJ\beta}{K_0 a} \left\{ -\frac{1}{K_1 a} (y_2 - y_1) \right\} - \frac{3}{8} K_0 a W \\ \frac{K_2}{K_1} M_3 + 2 \left(\frac{K_2}{K_1} + 1 \right) M_2 + M_1 &= -\frac{6EJ}{K_1 a} \left\{ \frac{1}{K_2 a} y_3 - \left(\frac{1}{K_2 a} + \frac{1}{K_1 a} \right) y_2 + \frac{1}{K_1 a} y_1 \right\} \\ -\frac{1}{K_2} M_1 + 2 \left(\frac{1}{K_2} + 1 \right) M_3 + M_2 &= -\frac{6EJ}{K_2 a} \left\{ \frac{1}{a} y_4 - \left(\frac{1}{a} + \frac{1}{K_2 a} \right) y_3 + \frac{1}{K_2 a} y_2 \right\} \\ P_1 + P_2 + P_3 + P_4 &= -\frac{W}{2} + P_l \\ \frac{y_3 - y_4}{a} + \frac{a}{6EJ} (M_3 - 2M_l) &= \frac{\delta_l + \varepsilon + y_4}{l} = \frac{P_l^4 / 8EJ + \varepsilon + y_4}{P_l / w} \end{aligned} \right.$$

但し $M_1 = -M_l + a(K_1 + K_2 + 1)(P_4 - P_l) + (K_1 + K_2)aP_3 + K_1aP_2$

$$y_1 = \frac{1}{D} \left[\frac{1}{a_1} (1 + ru_{k_0} a) P_1 + \frac{1}{a_2} \left\{ ru_{k_1} a + ru_{(k_0 + k_1)} a \right\} P_2 + ru_{(k_1 + k_2)} a P_3 \right]$$

(以下 M_2, M_3, y_2, y_3 及び y_4 省略)

$$\beta = \frac{J_0}{J} \quad ru_{ka} = \frac{1}{1 + \frac{D_1}{D_2}} e^{-\frac{ka}{m}} : \quad \text{枕木沈下の相互影響}$$

$$\frac{1}{D} = \frac{1}{D_1} + \frac{1}{D_2} = \left\{ \frac{1}{E \tan \varphi} \log \frac{b + h \tan \varphi}{b} + \frac{C}{b} \left(\frac{1}{b} + \frac{1}{l_t} \right) \frac{2\eta}{l_t} + \frac{1}{D_2} \right\} \quad (\text{圖-2 参照})$$

なお条件として $y_4 > 0 (\delta_l + \varepsilon + y_4) - \frac{a}{l} > y_4$

2. 繼目板の強度 繼目板の強度 (β) が大きくなれば, P_1, y_1 , 道床壓力, 繼目板曲げ應力及び兩軌條端の表面の繼ぎ折れなどのすべてが小さくなる。繼目構造強化の根本対策は繼目板の強化にほかならぬ。しかし β が 0.5 を越えると, それらの應力の減り方はきわめて緩慢になる。逆に β が 0.3 より小さくなると P_1, y_1 は急激に増し, $M_0 (M_1)$ は著しく減少する。 β は最小 0.4 以上とし, なるべく 0.5 に近づけたい。

3. 繼目板の断面の形状 水平軸に對し對稱形としたいが, 50 kg 以下の軌條では角形にせざるを得ない。この場合断面の J_{xy} を小さくするか, あるいは少くとも J_{xy}/J_y の値を小さくしたい。50 kg, 37 kg 及び 30 kg 軌條の繼目板新断面の試案として別圖(省略)を提案する。

4. 繼目板の材質 繼目板に發生する應力を材料の疲労限界内に止めることが望ましい。又すくなくとも材料の比例限界以下とすることは必要であるが, 37 kg 以下の輕軌條では現在の材質では困難である。炭素含有量を 0.35 % に高め, 同時に油焼入れを實施して抗張力を 70 kg/mm² 以上としたい。

5. 繼目部枕木間隔の縮少 タンピングに支障しない限度において枕木間隔を狭めることは, $P_1, y_1, M_0 (M_1)$ を小さくする上に有効である。

軌條端を基準として次の枕木配置を適當と認める。

$$\text{懸接: } 19 \text{ cm} + 0.70a + 0.85a + a. \quad \text{支接: } \frac{b-20}{2} + 0.65a + 0.80a + a \quad (b: \text{枕木幅})$$

6. 大形枕木の使用 繼目板の強度が特に弱い場合例えば軌條絶縁箇所には廣幅枕木が適當である。長枕木は推奨し難い。

7. 懸接と支接 支接は懸接よりも繼目部の軌條面の繼ぎ折れが小さい利益はあるが, P_1, y_1 が大きく, なお弛緩や遊隙など軌道の缺陷の影響を受けやすいから, 原則としては懸接が有利である。ただ絶縁繼目の如く繼目板の曲げモーメントを最小にしたい場合は廣幅枕木を用いた支接を可とする。

8. 相對式と相互式 相互式は枕木を多く要し, 車輛のローリングを助け, 長尺軌條の利點を失わしめるものであるから, 輕軌條の場合は曲線軌道の場合を除き相對式を有利とする。

9. ベースプレート 材料を相當多く要するにもかかわらず, 繼目部應力の軽減には餘り効果がない。本研究に關し文部省科學研究費の補助を受け, 目下實地試験の準備中である。