

W-103 軌道狂いの整備限度(オ3報)

一 乗心地による高低狂いの管理

国鉄・鉄道技術研究所 正員 佐藤吉彦

鉄道線路の保守において、高低狂いの整正作業は巡回、材料を換等と含め全作業の18%を占めている。この高低狂いの特性を把握し、その整正と如何なる立場からどのように行うかは、併線関係者にとって最も関心の深いものの一つである。以下に述べる報告は、客車の乗心地の立場から、現在汎用されている水系法を用いた軌道狂いの検知機構で、高低狂いを整備した場合に高低狂いの波長が車正諸特性値、波長、走行速度に対して如何に定まるかを明らかにしたものである。また併せて、新たな合理的な軌道狂いの検知機構に関して提言する。

1. 水系法で整備した軌道の残存絶対高低狂いの振巾と乗心地との立場から許容される絶対高低狂いの振巾、長さ $2L$ の水系法で整備した軌道に残存する絶対高低狂いの片振巾 $g(\lambda)$ は、水系法の検知性能が狂いの波長入に対して

$$C(\lambda) = 1 - \cos(2\pi L/\lambda) \quad (1)$$

と与えられるので、

$$g(\lambda) = a/C(\lambda) \quad (2)$$

となり、これを $L = 5m$, $a = 11, 9, 8, 7mm$ の場合に対して図示するとオ1図のようになる。

一方、乗心地の立場から軌道に許容される残存絶対高低狂いの片振巾 $g(\lambda)$ は、乗心地限度 $J(f)$ ($f = v/\lambda$, v - 走行速度), 単山振巾絶対高低狂いに対する台車中心直上の車体振動加速度振巾と $\alpha(f)$ とおけば、

$$g(\lambda) = J(f)/\alpha(f) \quad (3)$$

で与えられる。 $\alpha(f)$ は、オ2図のような車両モデルで、 $\mu = m/m$, $k = k_2/r_1$, $k_2 = k_2/r_1$, $k_4 = k_4/r_1$, $V_1 = \sqrt{2k_1/m}$, $\epsilon_1 = 2G_1/(mV_1)$, $\epsilon_2 = 2G_2/(mV_1)$, $\eta = 2\pi f/V_1$, $\epsilon_3 = \epsilon_3/r_1 - 1$, g - 重力加速度と置き

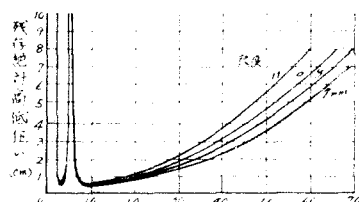
$$\alpha(f) = \zeta_1(\lambda) \cdot \zeta_2(\eta) \quad (4)$$

$$\text{ただし, } \zeta_1(\lambda) = 1/2 \cdot \sqrt{\{1 + \cos(2\pi \cdot 2L_0/\lambda)\}^2 + \sin^2(2\pi \cdot 2L_0/\lambda)} \quad (5)$$

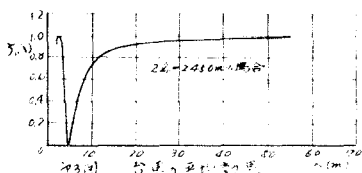
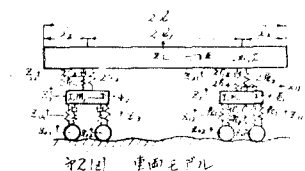
$$\zeta_2(\eta) = \eta^2/g \cdot \eta^2 \cdot \sqrt{\{(1 + 1/k_3)^2 \epsilon_1^2 \eta^2 + 1\} \{ (1 + k/k_4)^2 \epsilon_2^2 \eta^2 + k^2 \}} \quad (6)$$

$$\Delta = [-\mu \cdot \epsilon_1/k_3 \cdot \epsilon_2/k_4 \cdot \eta^6 + \{ \mu + \epsilon_1 \cdot \epsilon_1/k_3 \cdot (1 + \mu) + \epsilon_1 \cdot \epsilon_1/k_4 + \epsilon_1/k_3 \cdot \epsilon_2 \cdot k_4 \cdot (1 + k + \mu k) \} \eta^4 - \{ 1 + k + \epsilon_1 \epsilon_2 + \mu k + \epsilon_2 \cdot \epsilon_2/k_3 + k \epsilon_1 \cdot \epsilon_1/k_4 + k \cdot \epsilon_1/k_3 \cdot \epsilon_2/k_4 \} \eta^2 + k^2]^2 + [\mu \cdot (\epsilon_1/k_3 + \epsilon_2/k_4) \cdot \eta^4 - \{ \epsilon_1 + \epsilon_2 + \mu \epsilon_2 + \epsilon_1/k_3 \cdot (1 + k + \mu k) + \epsilon_2/k_4 (1 + k + \mu k) \} \eta^2 + (\epsilon_2 + k \epsilon_1 + k \cdot \epsilon_1/k_3 + k \cdot \epsilon_1/k_4) \eta]^2$$

で与えられる。ここで $\zeta_1(\lambda)$ は、台車の平均効果を表わし、 ζ_2 は台車により平均化された台車直下の絶対高低狂いによる台車直上の車体加速度である。 $\zeta_1(\lambda)$ を $2L_0 = 2.45m$ の場合について計算した結果がオ3図である。また $\zeta_2(\eta)$ を、ダンパとして扱はねダンパだけを用い、 $k = 0.500$, $\mu = 0.300$, $V_1 = 11.00$, $\epsilon_2 =$



オ1図 水系法で整備した軌道に残存する絶対高低狂い



0.686の車両について、Janewayの限界Ⅰ、Ⅱとともに図示したのがオ4図である。また以上の場合について、軌道に残存が許容される絶対高低狂いの片振巾を速度と波長に関して図示したのがオ5図である。

エ、測定記録上許容される絶対高低限度。オ1図とオ5図を比較することにより、水車法で整備された軌道に残存する絶対高低狂いと、単心地上許容される残存絶対高低狂いとを、波長が可成長い領域では両者ともその振巾が λ^2 に比例し、限度 α を適當にとることによりその単心地を一樣に良好にすることも可能となるが、實際上問題となる数10mの波長の領域では両者の特性の間に可成の差があることがわかる。このことは、単心地を残存絶対高低狂いの波長に関して一樣なものとするためには、測定記録における絶対高低の限度と波長に関して一定のものとして、変数としなければならぬことを意味する。すなわち、(2)、(3)式から、

$$\begin{aligned} \alpha(\lambda) &= C(\lambda) \cdot g_2(\lambda) \\ &= C(\lambda) \cdot J(f) / \{ S(\lambda) \cdot \ddot{g}_0(\eta) \} \end{aligned} \quad (7)$$

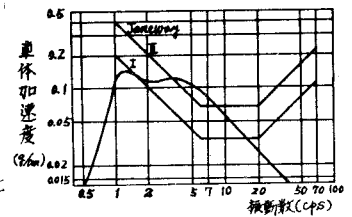
で与えられることになる。この限度と上記の車両に関して限度Ⅱに対して図示すればオ6図のようになる。これによれば、その限度は10m附近の波長では絶対高低の検知能力が良いので可成上がり、20〜30m附近では検知性能の低下に応じて下がり、極小点に達したのち1/cps附近以下における車体の加速度応答の低下により漸次上昇して一定値に収束する。またこの図からこれから限度は速度が上昇すると全体的に漸次厳しくなる様子を見ることが出来る。實際上測定記録において、その限度を規制するのはこの図における極小点なので、この点の値と波長と速度に対して図示したのがオ7図の実線である。これによれば、絶対高低の限度はこの車両の場合100Hzで18.3mmとなる。しかし限界Ⅱというのは単心地が非常に悪い場合なので、良好と云えるⅠに対して整備するために9mm程度にしておかなければならない。このような限度と各種車両に対して計算したが、上記車両で視ねねダンパのほかに軸ねねダンパを取付けた場合について図示したのがオ7図の破線である。これによれば、軸ねねダンパは単心地に対する軌道整備上可成の効果があることがわかる。

3、新絶対高低の検知装置。以上述べたことから明らかなように、絶対高低の実際上の限度はオ6図の極小点で定めることになるので、このような極小点をなくして一様な検知性能を得るためには、

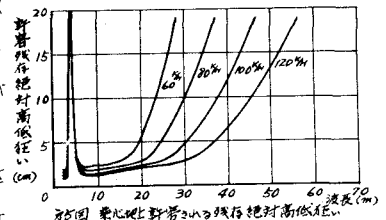
$$C(\lambda) / \alpha = S(\lambda) \cdot \ddot{g}_0(\eta) / J(f) \quad (8)$$

という特性をもった装置を求めることが望ましく、現在このような装置を試作検討中である。

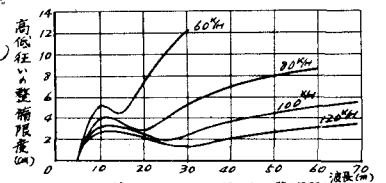
おわりに、以上の計算と行うに当り同室の小林信也の協力を得たことと附記し謝意を表する。



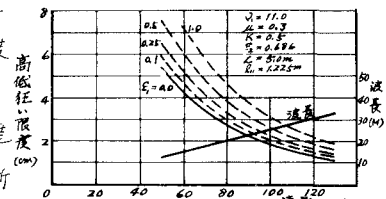
オ4図 車両の特性と単心地限度



オ5図 単心地と許容される残存絶対高低狂い



オ6図 測定記録上における絶対高低、整備限度



オ7図 絶対高低の限度と波長の関係のグラフに対する特性