

IV-153 桁の固定端と可動端が相互に配置された 橋梁上のロングレールの適用条件

国鉄・鉄道技術研究所
正会員
宮井 徹

1. まえがき

橋上ロングレールの実現については、東海道新幹線の建設に先立ってわが国においてその理論的基礎が確立され、新幹線においてはすべてこれが採用されており、在来線においても広汎に採用される気運にある。また、その支間については、規格化の立場から等支間が採用される傾向にある。

従来の理論では不動区間に橋梁が入る場合を考え、軸力の立場から桁座を固定、自由とまとめて設置されることが望ましいとされて来た。しかし、実際の橋上ロングレールの敷設においては、橋台裏の安定の問題から橋端に伸縮継目を入れるのが通例であり、また、このような桁座の配置は短支間の場合には特に問題はないが、長支間となる場合地震時荷重が大きくなり橋脚の設計が難しいという問題を生じてきた。

一方、橋上におけるロングレール座屈荷重は一般の有道床区間に比べれば大きいこと、また最近のレール索床技術の向上により、最大軸力が有道床区間より大きくなってても特に問題は生じないと考えられる。

以上のような見地から、一定の条件のもとでは桁座を固定・自由相互に配置することが可能であると考えられたので、この条件を求める基礎となる軸力分布ならびに伸縮継目における端部移動量について検討した結果について報告する。

2. 想定条件

- (1). レール縦方向の抵抗力(R)は、移動量に關係なく一定である。
- (2). 橋桁はレールに拘束されることなく、温度によって自由に伸縮する。
- (3). 橋桁とレールの相対変位は、桁上の各締結装置を通してレールに均等に軸力を付加する。
- (4). 設定時のレール温度は橋桁と等しく、かつ温度上昇量、下降量とも等しい。

3. 計算の手順

図-1に基づき計算の手順を示すと次のようになる。

- (1). 桁の伸縮量(γ)とレールの移動量(δ)とが等しくなる点(X_i)を仮定して軸力分布図を書く。
- (2). 軸力の連続と $\gamma = \delta$ より関係式を求める。

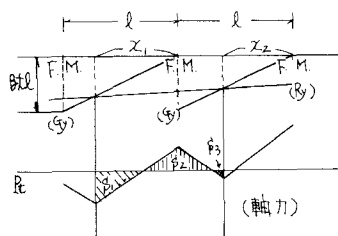


図-1. 伸縮量と軸力図

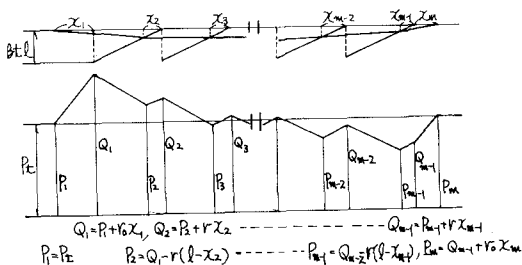


図-2. 軸力分布図

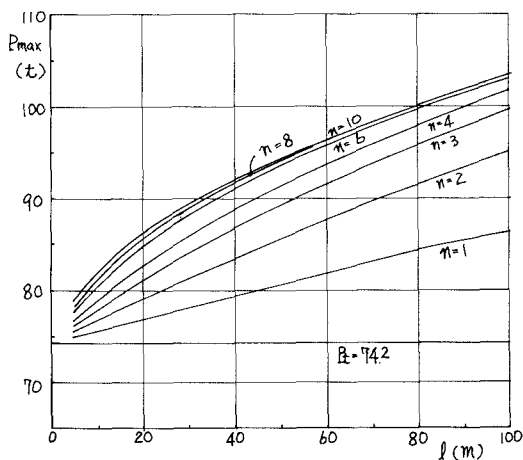


図-3. 最大レール軸力

(3). 連立方程式より x_2 を求め、先の仮定条件との合致を確認する。

ここで、 $R_y = G_y$ について示すと次のようになる。

$$R_y = (\beta_1 - \beta_2 - \beta_3) / EA = \beta t (x_1 - x_2) = G_y$$

ただし、 R : 不動時にた時のレール軸力 ($P_t = EABt$)

E : レール鋼ヤング率 A : レール断面積

β : 鋼線膨張率 t : 設定温度との温度差

4. 不動区間に橋梁のある場合

図-2に基づき関係式を求めると次のようになる。

$$R_y = G_y \text{ より } \{ 2R(x_1 + l - x_2) - x_1(P_1 + Q_1) - (l - x_2)(Q_1 + P_2) \} / 2EA = -\beta t x_2$$

$P_t = EABt$ より

$$F_1 = x_1(P_1 + Q_1) + (l - x_2)(Q_1 + P_2) - 2P_t(x_1 + l) = 0$$

同様に $x_2 = Z - \pi - Z$, $F_2 = x_2(P_2 + Q_2) + (l - x_{n+1})(Q_2 + P_{n+1}) - 2P_t l = 0$

$$F_{n+1} = x_{n+1}(P_{n+1} + Q_{n+1}) + x_m(Q_{n+1} + P_m) - 2R x_m = 0$$

軸力の連続より、 $F_m = P_m - R = 0$

ただし、 v_0 : 一般道床縦抗力、 r : 橋梁区間縦抗力

図-3は、 $v_0 = 1.0 \text{ t/m}$, $r = 0.25 \text{ t/m}$, $E = 2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$,

$A = 77.5 \text{ cm}^2$, $\beta = 1.14 \times 10^{-5}$, $t = 40^\circ\text{C}$ とし数値計算を行った結果である。

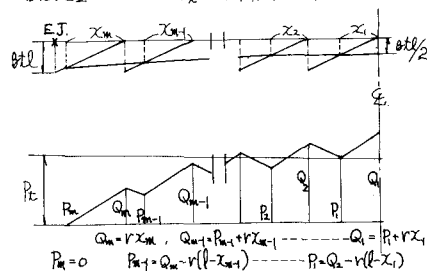


図-4. 軸力分布図

これによれば、桁数が多くなくても最大軸力 P_{max} は一定値に収束し、 $n = 6$ 以上ではほぼ一定値となることが認められる。これは橋梁中央部において、 $G_y = R_y$ なる点が $l/2$ に近づく、軸力分布が定常波形となるためである。

5. 両端に伸縮継目を設けた場合

この場合には軸力分布図は左右対称となり、未知数は半減する。また中央でのレール移動量は $\beta t l / 2$ となる。図-4より、 $n = Zm$ の場合の関係式を求めると次のようになる。

$$F_1 = 2x_1(P_1 + Q_1) - 2P_t l = 0$$

$$l = Z - m \quad F_2 = x_2(P_2 + Q_2) + (l - x_{n+1})(Q_2 + P_{n+1}) - 2P_t l = 0$$

両端付近の桁が一致点が存在しない場合には、 $x_m = l$ として $F_1 \sim F_{m-1}$ を連立させて解けばよい。

桁長を r/P_t 、軸力を P/P_t 、端部移動量を $y_0/\beta t l$ と無次元化した計算結果が図-5、6である。

これにより、桁数が多くなくても $P_{max}/P_t = 1 + \frac{1}{2} \frac{r}{P_t}$ つまり $P_{max} = P_t + \frac{1}{2} r$ を越えないことが確かめられる。さらに、 $\frac{r}{P_t} = 4.0$ で $P_{max}/P_t = 2.0$ となり、それ以上では、桁数に関係なく $P_{max}/P_t = \sqrt{r/P_t}$ となることも確かめられている。

6. あとがき 以上の検討の結果、従来困難と考えられて来た桁座を固定・自由と相互に配置することについても十分可能な範囲があることが明らかにされた。

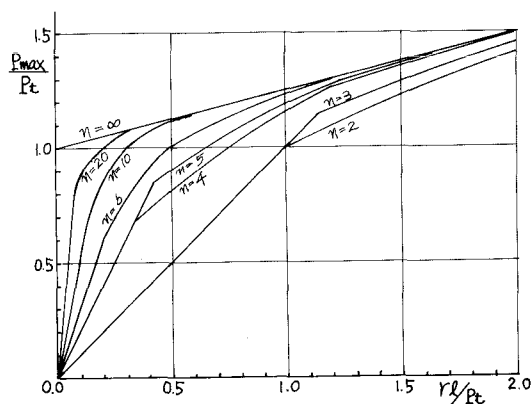


図-5 最大レール軸力

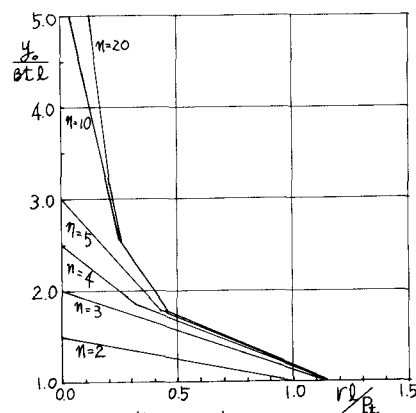


図-6 端部伸縮量

文献: 1) 深沢義朗・大西章「橋上ロングレール」鉄道技術研究報告 NO. 229 p.36-7