

## 向上法によるスラブ軌道上レール軸力測定に関する検討

日本機械保線 フェロ - 佐藤吉彦、講和化成 梅田静也

### 1. はじめに

レールに引張力が働いている時に、一定区間のレールの締結を解放してその中央を向上することによりレール軸力を測定する方法に関して、実績を解析した結果有道床軌道に関しては極めて優れた方法であることが明らかにされ、その解析方法も示された<sup>1)-3)</sup>。しかし、これをスラブ軌道に適用することに関しては、かなり条件が異なりまたその条件も明らかでなかった。以下これに関する解析と検討結果について述べる。

### 2. モデルに関する検討

モデルとしては第1近似として図1に半載して示すものを用いる。すなわち、解放区間は重力梁とし、その両端に接続される部分は弾性支承上の梁とする。

後者は、重量分だけ沈下した位置を中立の位置とするので、重力に関して考慮する必要はない。いずれの部分にも引張りが働いている。

この方程式は次のように与えられる。

$$0 \leq x < L \quad EI \frac{d^4 y}{dx^4} - T \frac{d^2 y}{dx^2} - \rho A = 0 \quad \dots \dots (1)$$

$$L \leq x \quad EI \frac{d^4 y}{dx^4} - T \frac{d^2 y}{dx^2} - ky = 0 \quad \dots \dots (2)$$

この一般解は次のように与えられる。

$$0 \leq x < L \quad y = A_{11} e^{\sqrt{\frac{T}{EI}} x} + A_{12} e^{-\sqrt{\frac{T}{EI}} x} - \frac{\rho A}{2T} x^2 + A_{13} x + A_{14} \quad \dots \dots (3)$$

$$0 \leq x \quad y = e^{-S \cos \theta (x-L)} \{A_{21} \cos(S \sin \theta (x-L)) + A_{22} \sin(S \sin \theta (x-L))\} \quad \dots \dots (4)$$

$$\text{ただし、} S = \sqrt{\frac{k}{EI}} \cos \theta = \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 + \frac{T}{2\sqrt{EI}k} \right)}, \quad \sin \theta = \sqrt{\frac{1}{2} \left( 1 - \frac{T}{2\sqrt{EI}k} \right)}$$

この式を次の境界条件に関して解けばよい。

$$\left. \begin{array}{l} x=0 \text{ において} \quad y'=0, -EIy'''=P/2 \\ x=L \text{ において} \quad y_{-L1}=y_{+L1}, y'_{-L1}=y'_{+L1}, y''_{-L1}=y''_{+L1}, y'''_{-L1}=y'''_{+L1} \end{array} \right\} \dots \dots (5)$$

### 3. 数値検討結果

この解を、軌道スラブ上で60kgレールを直結8型レール締結装置で軌道スラブに締結した場合について、40tfのレール引張り軸力の下で20m間の締結を開放したレールの中央を7cm向上し、両端部のレール支持ばね係数が次のケースについて弾性支持部の変形を計算する。

(1) レールの向上力が締結装置の先端抑え力を上回り、2点タッチばねに支えられる17tf/cm/62.5cm=272kg/cm<sup>2</sup>の場合

(2) 2点タッチが機能し、かつレールが軌道パッドに密着している77tf/cm/62.5cm=1232kg/cm<sup>2</sup>の場合

(3) 1点タッチでレールが軌道パッドに密着している60tf/62.5cm=969kg/cm<sup>2</sup>の場合

この結果を示したのが図2である。この図におけるレールの変形は、1tfで締結した締結ばねの1点タッチによる軌道パッドの変形1tf/60tf/cm=0.017mmより遙かに大きい。従って、上方に対しては、ケース1

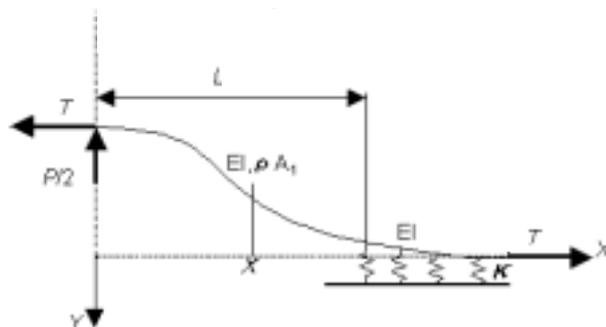


図1 両端を弾性支承梁に接続された重量梁

が実体に近いものと考えられるが、下方に対しては軌道パッドのばねによるケ - ス(3)が近いものになると考えられる。

この変位にレ - ル支持ばね係数を掛けて各締結の前後計 62.5cm の長さについて積分をして、図 3 に示す軌道スラブの残り半分の各締結に掛かる力を求めたのが表 1 である。これによれば、弾性支持部第 1 締結の引上げ力は 4 ~ 6tf である。一方、この各ケ - スの解放区間中央における向上力をレ - ル引張り軸力に対して計算したのが図 4 で、いずれのケ - スも向上力はレ - ル引張り力と比例関係あり、軸力 40tf で 2.1tf 程度である。弾性支持部第 1 締結に働く力が向上力に比してこのように大きくなるのは、レ - ル向上力がその他の弾性支持部の締結を支点としレ - ルを「てこ」としてこれに働くことによる。

この力は、レ - ル締結装置に関しては直接働くこととなるが、軌道スラブの浮上りに対しては第 2 ~ 4 締結に働く力と相殺される内力であり、スラブの向上力としてはこれらの差の 2tf 程度が働くこととなる。この力の作用位置は図 3 に示すように締結側の反対側となるスラブ端部に近く、具体的には図 3 の  $l$  が表 2 の値となる。この場合軌道スラブは、対向レ - ルのスラブ端部と載荷レ - ルと締結されているレ - ル端部でレ - ルを通じて隣接スラブにその 3 方を拘束され、かつ軌道スラブ自体の 5t の質量もあるので、浮上りを生ずることはない。

一方、4 ~ 6tf となる弾性支持部第 1 レ - ル締結装置に働く向上力はかなり大きな値であるが、この部分は 2 点タッチばねに支えられる状態となることからケ - ス 1 の 4tf 程度に留まるものと考えられる。この値に対する限度をレ - ル締結ばねに関して計算した結果 4.8tf となり、ここで述べた測定はその範囲にある。

#### 4. むすび

以上の検討結果を整理すると次のようになる。

- (1) スラブ軌道における引張り軸力測定に関する実用可能な解析モデルが明らかにされた。
- (2) 解放区間中央における向上力は引張り軸力と比例関係にあり、その範囲を示す値が与えられた。
- (3) 部材の安定および損傷に関して特に問題を生じない。
- (4) 測定を実現するに先立つ試験で検討すべき事項が明らかにされた。
- (5) 今後のさらに詳細な理論解析に対する示唆が得られた。

#### 文 献

- 1) 佐藤吉彦：“押上げ法によるレ - ル引張り力測定の理論解析”土木学会関東支部第 27 回技術研究発表会 (2000.3)
- 2) 佐藤吉彦：“向上法によるレ - ル軸力測定曲線における適用条件”土木学会第 55 回年次学術講演会 (2000.9)
- 3) Sato, Y. : “Theoretical Analyses on Measurement of Stress-free Temperature in Continuous Welded Rail”COMPRAIL2000 (2000.9).

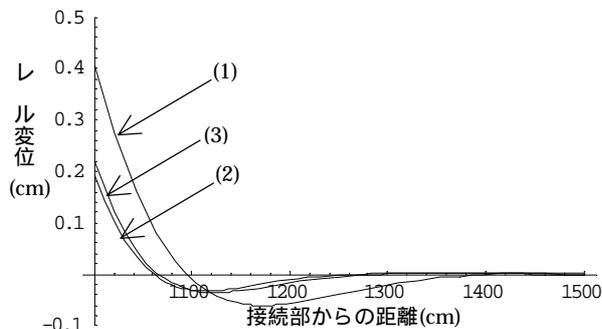


図 2 弾性支持部の変形

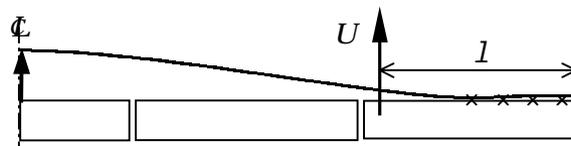


図 3 測定時のスラブ配置

表 1 各締結装置に働く力 (kgf)

ケ - ス 締結	1	2	3	4	差
1 (272kgf/cm <sup>2</sup> )	3843	148	-948	-853	2190
2 (1232kgf/cm <sup>2</sup> )	5818	-1878	-1816	-578	1546
3 (969kgf/cm <sup>2</sup> )	5496	-1440	-1748	-699	1609

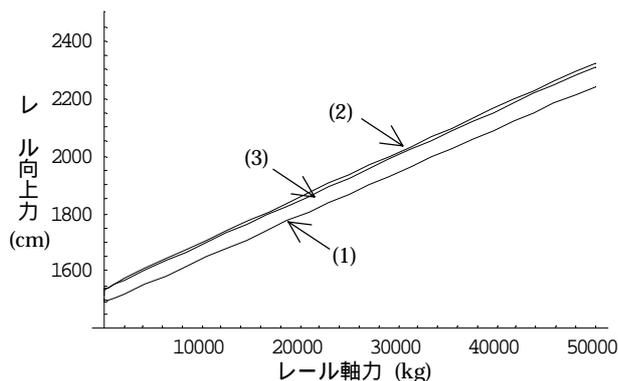


図 4 レ - ル軸力に対する向上力

表 2 スラブに対する向上力の作用位置  $l$

ケ - ス	1 (272kgf/cm <sup>2</sup> )	2 (1232kgf/cm <sup>2</sup> )	3 (969kgf/cm <sup>2</sup> )
L (cm)	342	512	493