

可動区間に介在する無道床橋梁におけるロングレール化の検討

東日本旅客鉄道(株) 正会員 ○柏木 将幸
東日本旅客鉄道(株) 正会員 堀 雄一郎

1. はじめに

東京圏通勤線区に敷設されている無道床橋梁 ($l=44.5\text{m}$) を含む区間について、前後の TC 型省力化軌道化工事に合わせ、ロングレール化を計画した。現場条件により当該橋梁の近傍に伸縮継目 (EJ) が設置されるため、ロングレール可動区間となる。「鉄道構造物等設計標準・同解説(軌道構造)」¹⁾(以下、設計標準と呼ぶ)によると、「可動区間中に無道床橋梁が介在する場合は、従来より原則として 25m 以下としており、これを超える場合には(中略)破断時開口量に加え、伸縮継目の伸縮量を検討する必要がある」とある。

本稿では、25m を超える無道床橋梁が介在するロングレール可動区間が成立するかの検討を行う。

2. ロングレール化検討

2.1 軌道構造

検討箇所の軌道構造は以下の通りである。

- ・無道床橋梁 : 3k365.0m~409.5m($l=44.5\text{m}$)
- ・線形 : $R=620\text{m}$ 、3.3‰下り勾配
- ・レール種別 : 60kg レール、定尺区間
- ・まくらぎ種別 : 合成橋まくらぎ
- ・前後の軌道構造 : TC 型省力化軌道(e1883 使用)
- ・フックボルト : M20 のボルト使用
- ・EJ キロ程 : 3k320.0m、3k650.0m

2.2 破断時開口量の検討

ここでは、レールに縦抵抗力を持たせない構造(橋上ロングⅢb 形(橋上直結レール滑動)丸穴)とし、橋梁への影響は考慮しないものとする²⁾。

破断時開口量 e は、破断前の軸力分布図と破断後の軸力分布図の面積の差 S_D を EA (E : レール鋼のヤング率、 A : レールの断面積)により除すことで求められる²⁾。

本件の場合の破断時開口量を求めるため、軸力分布を求める。まず、道床(締結装置)縦抵抗力 γ を求める。TC 型省力化軌道座面式に使用されているクリ

ップ (e1883) の締結力は、3.5kN である³⁾。

レールとインシュレータの摩擦係数を 0.25、レールと軌道パッドの摩擦係数を 0.65 とする(図 1)と、1 締結あたりのふく進抵抗力は、

$$(3.5\text{kN} \times 0.25 + 3.5\text{kN} \times 0.65) \times 2 = 6.3\text{kN}$$

となる。

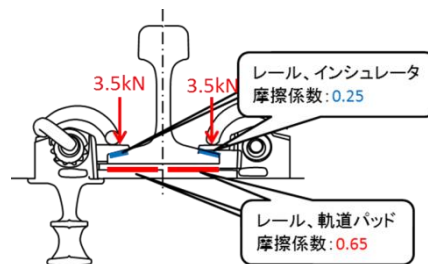


図1: 締結力と摩擦力 (E1883 クリップ)

まくらぎ間隔を 0.75m とすると、1m あたりの道床縦抵抗力 γ は、

$$\gamma = 6.3\text{kN}/0.75\text{m} = 8.4\text{kN}/\text{m}$$

となる。

ここで、各諸元を次のように与え、当該区間の軸力分布を図2に示す。

l : 無道床橋梁長=44 500(mm)

β : レール鋼の線膨張係数 $=1.14 \times 10^{-5}(/^{\circ}\text{C})$

Δt : 破断時のレール温度と設定温度との差 $=40^{\circ}\text{C}$

E : レール鋼のヤング率 $=2.1 \times 10^5(\text{N}/\text{mm}^2)$

A : レールの断面積(mm^2) $=7\,750(\text{mm}^2)$

γ : 道床(レール締結装置)縦抵抗力 $=8.4(\text{N}/\text{mm})$

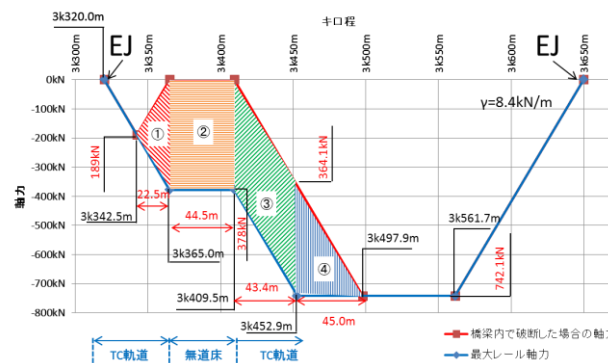


図2: 軸力分布図

図2中の①~④の面積を足すことで、 S_D が求めら

キーワード 橋上ロングレール、可動区間、破断時開口量、フックボルト、無道床橋梁、TC 型省力化軌道
連絡先 〒151-8512 東京都渋谷区代々木二丁目2番6号 JR 新宿ビル4階 TEL 03-6276-1251

れる。破断時開口量 e は、

$$e = S_D / EA = 28.3 \text{ mm} < 70 \text{ mm}$$

となり、破断時開口量の制限値 70mm を下回る。

2.3 伸縮継目の伸縮量の検討

設計標準には「一般に、ストロークに対して 1/2 程度の値を限界値として良いが、これは保守性を考慮して適宜定めてよい。」とある。当該箇所設置の伸縮継目「60 レール TC 型省力化軌道用」のストロークは±100mm である。

ここで、ロングレールの端部伸縮量 y は

$$y = l\beta\Delta t + EA(\beta\Delta t)^2 / 2\gamma \approx 40.4 \text{ mm} < 50 \text{ mm}$$

であり、ストロークの 1/2 程度以下となるため、条件を満たす。

2.4 座屈に対する横抵抗力

本件では締結装置を滑らせる構造とするため、橋梁より付加軸力の影響を受けないものとする²⁾。文献⁴⁾⁵⁾⁶⁾を参考に座屈に対する必要な横抵抗力を得るための、フックボルト締め付けトルクの計算を行う。

ここで、フックボルト 1 本あたりの締結力 P は、

$$P = g \cdot \frac{25}{a} \times \frac{1}{\mu} \approx 20.4 \text{ (kN)}$$

となる。ここで、

P : フックボルト 1 本あたりの締結力(kN)

g : 横抵抗力(kN/m)

※ 必要な g の値を 5kN/m、安全率を 50% とすると、

$$g_{\min} = 5 \times 1.5 = 7.5 \text{ (kN/m)}$$

a : 25m あたりのまくらぎ配置本数(46 本)

μ : まくらぎと桁の摩擦係数 (0.2 とする)

とする。

次に、ボルト締結力 P と緊締トルク T との関係は、

$$T = \underbrace{\frac{d_2}{2} P \frac{\mu_s}{\cos\left(\frac{\theta}{2}\right)}}_{\text{ねじ面摩擦トルク}} + \underbrace{\frac{d_2}{2} P \tan(\varphi)}_{\text{軸力発生トルク}} + \underbrace{\frac{1}{2} P \mu_w \left(\frac{D_0 + d_h}{2}\right)}_{\text{座面摩擦トルク}}$$

図 3 : 緊締トルク T の内訳イメージ

となる。当該橋梁に使用されているフックボルト (M20) について、数値を以下のように与える。

d_2 : ねじの有効径=18.376(mm)

μ_s : ねじ山同士の接触面の摩擦係数=0.2

μ_w : ナットと座面間の摩擦係数=0.2

θ : ねじ山の角度=60°

φ : ねじのリード角=2.48°

D_0 : ナット座面またはボルト頭部座面の外径=30mm

d_h : ボルト穴径 (接触する座面の内径) =21mm

与えた数値により締結トルクを計算すると、

$$T \approx 103 \text{ (N} \cdot \text{m)}$$

と求められる。以上より、103(N・m)のトルクがあれば良い。また、当該橋まくらぎ下面には橋桁を抱えるような切欠きがあり、フックボルトによる摩擦抵抗以外にも横抵抗力を確保することが可能である。

2.5 その他注意点

橋上ロングⅢb 形を使用しても、締結装置の姿勢が悪く、傾いたまま締結されると、レール底部の上面と締結装置の金具が強く接触し、大きな縦抵抗力を持つことがある (図 4)。そのため、締結装置が正しい姿勢で取り付けられていることを確認する必要がある。



図 4 : 橋上ロングⅢb 形

3. まとめ

以上の検討により、本件におけるロングレール可動区間に介在する 25m を超える無道床橋梁のロングレール化は可能であると判断した。本検討を基に、当該橋梁は 2017 年度にロングレール化を実施した。

参考文献

- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説 軌道構造 第 2 刷、2013 年 4 月
- 2) 保線工学編集委員会：保線工学 (上)、2016 年 10 月
- 3) 住友商事株式会社ホームページ (<http://www.sumitomocorp-railwayproducts.com/pandrol/products/epreclip.html>)
- 4) 徳岡 研三、広田 進：一般区間ロングレールにおける無道床橋りょうの介在について (下)、鉄道線路 第 33 巻 10 号、1985 年 10 月
- 5) 田村 修：ねじの知識-その重要さと技術を知ろう-、2008 年 1 月
- 6) 日本規格協会：JIS ハンドブック 2017 ねじ I、2017 年 7 月