

## 実橋測定による軌道構造が上路鈹桁の剛性に与える影響評価

(公財) 鉄道総合技術研究所 正会員 ○向井 天 徳永 宗正 松岡 弘大  
小林 裕介 金島 篤希 櫛谷 拓馬

### 1. はじめに

鋼鉄道橋の設計では、レールやまくらぎ、締結装置等の軌道構造の剛性は、桁全体の剛性として考慮されない。そのため、実構造物に生じるたわみや応力は、設計における算出値より小さくなり、維持管理の観点からすると安全側の評価となる。このような、軌道構造等の非構造部材の剛性が桁全体の剛性に与える影響については、一部数値解析による検討は行われているが、実橋による検討はほとんどない。

本稿では、橋梁上の締結装置を所定トルクで締め付けた状態と、締結装置の半数を緩めた状態で、軌陸ダンプによる走行試験を実施し、軌道構造が上路鈹桁の剛性に与える影響を実橋測定により確認したので報告する。



図-1 試験実施橋梁の全景

### 2. 走行試験の概要

図-1 に、試験実施橋梁の全体写真を示す。対象橋梁は、試験線に設置された支間 10.4m、桁高 1.5m、桁高スパン比 1/7 程度の単純鋼上路鈹桁である。この橋梁は試験用の桁であり、一般的に供用されている同スパンの鋼上路鈹桁の倍程度の桁高を有している。そのため、全体系の曲げ剛性は一般的に供用されている同スパンの桁の 5 倍程度あり、比較的軌道構造の影響を受けにくい構造であることに留意する必要がある。軌道構造は鋼直結軌道であり、締結装置の種類は鋼直Ⅱ型である。起点側から約 7.5m の位置にはレール継目が存在する。

図-2 に締結装置の緩解箇所と変位計の設置位置を示す。試験のケースは、締結装置を全数所定トルクで締め付けた状態と、締結装置の半数近くを緩めた状態の 2 ケースとした。本来であれば、図-2 に記載した②の締結装置も緩解する予定であったが、①より起点側の軌道状態が悪く、安全を考慮して②の緩解は行わなかった。

走行試験に使用した軌陸ダンプは、車両重量 5.27t で、荷台に 3t の積荷を積載し、合計重量約 8t とした。走行試験では、軌陸ダンプの目標速度を各ケース 10km/h~40km/h とし、左右主桁の支間中央と、支点部の鉛直変位を測定した。測定のサンプリング周波数は 10kHz とした。

### 3. 測定結果

#### 3.1 測定結果の処理

図-3 に、測定結果の一例として、所定トルク締め付け時の左主桁支間中央の変位の時刻歴波形を示す。測



図-2 締結装置緩解箇所と変位計設置箇所

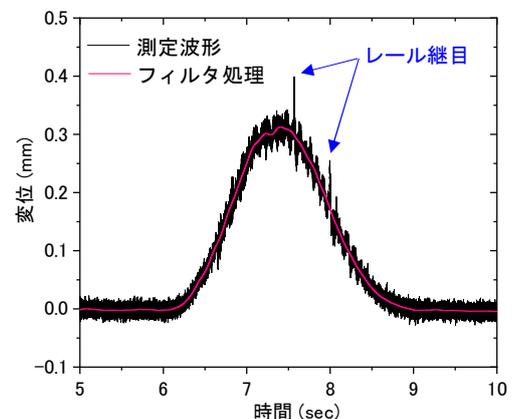


図-3 測定波形の一例

キーワード 軌道剛性, 上路鈹桁, 変位, 剛性比

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL042-573-7280

定波形は全体的にノイズが含まれる。また、7.5秒と8.0秒付近には、車軸がレール継目を通過した際に発生したと考えられる衝撃による著大な値が記録されている。今回の検討では、軌道剛性の静的な影響を評価することとした。そのため、測定波形を7.5Hzのローパスフィルタで処理し、図-3の赤色の波形のような静的な成分を抽出した。

図-4は、図-3の変位の時刻歴波形をフーリエ変換した周波数成分の絶対値である。10Hz以上の領域では、橋梁の固有振動成分、軌陸ダンプのバネ下系の振動成分、レールに生じている傷を通過する際の加振成分<sup>2)</sup>と考えられる動的応答成分が多く確認できる。

### 3.2 測定結果の考察

図-5に、支間中央の鉛直変位 $d$ と列車速度の関係を示す。支間中央の鉛直変位 $d$ は、支点沈下等の影響を除外するため、起点方と終点方の鉛直変位の平均値を差し引き求めた。図には、梁理論から算出した支間中央の鉛直変位 $d_0$ 、 $d_1$ を併せて示す。 $d_0$ はレールの剛性を無視したときの値で0.357mm、 $d_1$ は平面保持の仮定に基づきレールの剛性を考慮したときの値で0.285mmである。フィルタ処理にて静的成分を抽出しており、また低速走行であることから速度依存性はほとんど見受けられない。左右主桁を比較すると有意な差はなく、軌陸ダンプの荷重が左右偏りなく均等に桁へ荷重を伝達したものと考えられる。鉛直変位 $d$ が $d_1$ より小さいのは、レールの曲げ剛性への寄与に加えて、実際には桁端部の線路方向の拘束効果が発生するためと考えられる。

図-6に測定結果から得られた鉛直変位 $d$ と計算上の鉛直変位 $d_0$ の比を示す。本稿では、軌道構造が桁全体の剛性に与える影響を $d/d_0$ で評価することとし、これを剛性比と定義する。 $d$ は各試番の左右主桁の平均値とした。締結装置を全数所定トルクで締め付けた状態では、剛性比の平均値が0.735となり、レール等の軌道構造が大きく寄与していることがわかる。締結装置を半数緩解した状態での剛性比は0.765であり、全数所定トルクで締め付けた状態からの剛性比の増加割合は3%程度である。前述の通り、当該橋梁は他の支間10m程度の橋梁と比較すると剛性が高く、軌道構造の影響を相対的に受けにくい構造であることを考慮すると、一般的にはレールの剛性寄与や締結装置の緩解による剛性低下はより大きくなると考えられる。

## 4. まとめ

軌道構造が上路鉸桁の剛性に与える影響を確認する目的で、軌陸ダンプによる走行試験を実施し、剛性比を評価した。その結果、当該橋梁においては、実測の鉛直変位に対する軌道剛性を無視した際の鉛直変位の比である剛性比が0.735であり、締結装置を半数緩解した際の影響は、剛性比の増加割合が3%程度であった。

今後は、レール継目通過時の衝撃力による動的効果の影響について分析を行っていく。

### 参考文献

- 1)徳永宗正, 池田学: 非構造部材を考慮した鉄道橋りょうの主構造の曲げ剛性の評価手法, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学), Vol.76, No3, pp.580-596, 2020.
- 2)金島篤希, 井上太郎, 蒲原浩平, 松岡弘大, 小林裕介: レール継目の衝撃が上路鉸桁の補剛材上下端の応力性状に及ぼす影響, 構造工学論文集, Vol.67A, pp.566-577, 2021.3.

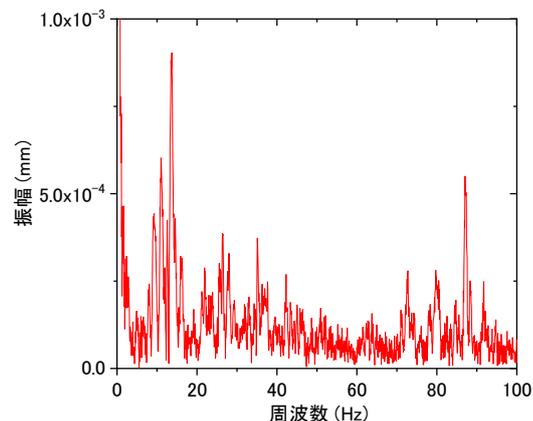


図-4 変位のスペクトル波形

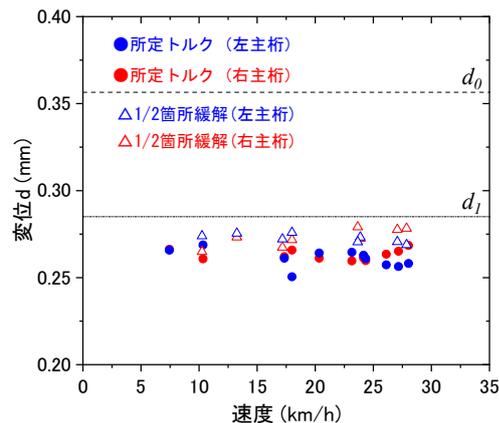


図-5 鉛直変位と列車速度の関係

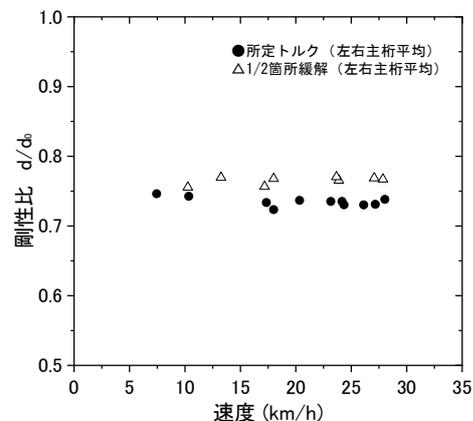


図-6 左右主桁の平均の剛性比