

鋼合成鉄道橋における共振発生条件の分析

西日本旅客鉄道(株) 正会員 ○安達 直希
西日本旅客鉄道(株) 正会員 丹羽 雄一郎
(株)ビーエムシー 正会員 公門 和樹

1. 目的

近年、高速列車走行により構造物のたわみや応力等の動的応答が増幅し、構造物の耐疲労性への影響等が懸念されている^{1),2)}。図-1に動的応答の増幅がみられた桁のたわみ波形の例を示す。この動的応答の増幅は、走行する列車荷重が構造物を加振する振動数と、構造物の固有振動数が近づいた際に生じる共振現象によるものと考えられる。

今回、鋼合成鉄道橋における共振発生条件の検討の基礎的な知見を得ることを目的として、代表的な合成桁のたわみ測定を行った。本稿では、その結果概要と、共振現象の発生条件の分析結果について報告する。

2. 調査概要

2.1 対象橋梁の選定

共振現象発生に影響を与えられ、支間、鋼製受桁の有無、当該区間の列車速度、地盤種別などを指標として42橋梁、115連を選定し測定を行った。

2.2 たわみ測定

(1) 測定方法

測定は図-2に示すように、簡易型非接触式たわみ測定システム³⁾を用い、各橋梁の支間中央のたわみを測定した。

(2) 測定列車

測定列車の車軸配置を図-3に示す。測定に際しては列車速度の影響を把握するために3列車以上の測定を行った。また、当該橋梁が駅付近にある場合は、駅通過と駅停車の列車を各々測定した。

2.3 固有振動数および加振振動数の算出

桁の基本固有振動数は簡易式(1)により算出することができるが⁴⁾、今回は測定により得られたたわみ波形のうち、列車通過後に表れる応答を桁の自由振動と考え、自由振動部分の波形をフーリエ変換することで得られる卓越振動数を桁の固有振動数とした。また、列

車の加振振動数は、図-3に示す連結器を挟む2台車4軸を1セットとした間隔 $L_1=25\text{m}$ ごとに載荷される荷重の振動数を式(2)により求めた。

$$n_e = 70 \times L_b^{-0.8} \quad (1)$$

ここに、 n_e : 基本固有振動数 (Hz)

L_b : 支間 (m)

$$f_v = \frac{1}{\{L/(V \times 1000/3600)\}} \quad (2)$$

ここに、 f_v : 列車の加振振動数 (Hz)

L : 荷重間隔 (m)

V : 列車速度 (km/h)

3. 測定結果

測定対象とした42橋梁、115連のうち、13橋梁、28連で共振現象を確認した。

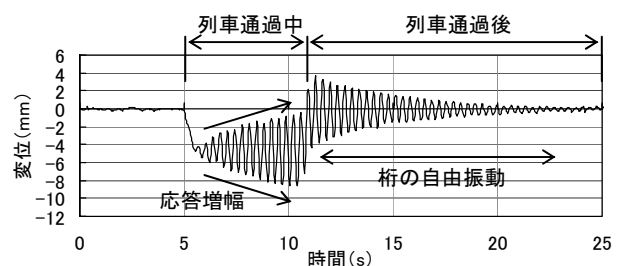


図-1 共振現象による動的応答の増幅

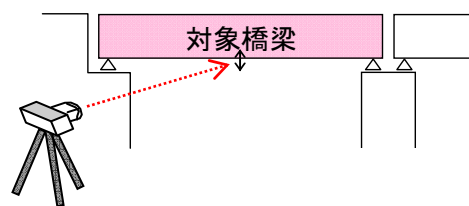


図-2 測定イメージ

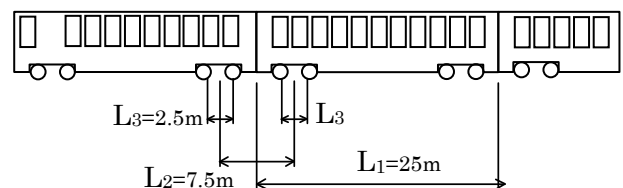


図-3 測定列車の車軸・台車間隔

キーワード：鋼合成橋梁，鉄道橋，共振，高速列車走行

連絡先 〒673-0016 兵庫県明石市松之内 2-3-8 TEL 078-928-0532

(1) 加振振動数と固有振動数の関係

図-4 に列車の加振振動数と固有振動数実測値の関係を示す。図に示されるように、加振振動数と固有振動数が近い場合において共振現象が発生しやすいことが分かる。なお、測定データの多くは列車速度 270km/h 前後、すなわち加振振動数 3Hz 前後であるため、固有振動数が 3Hz に近い橋梁において共振が発生している。一方、加振振動数と固有振動数が離れている場合には、共振現象が全く発生していないことも分かる。

(2) 受桁の影響

共振現象の見られた 13 橋梁 28 連のうち 4 橋梁 16 連が写真-1 に示すような鋼製の受桁で上部工が支持さ

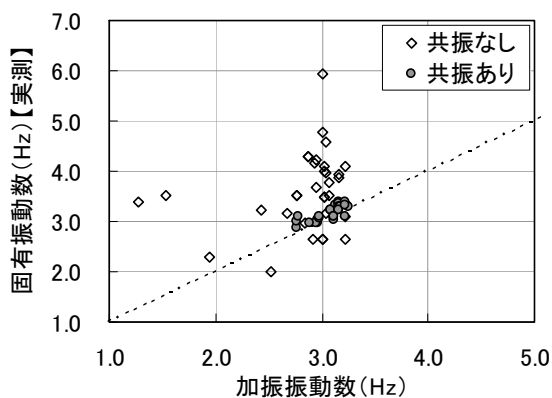


図-4 加振振動数と固有振動数(実測)の関係



写真-1 受桁がある橋梁

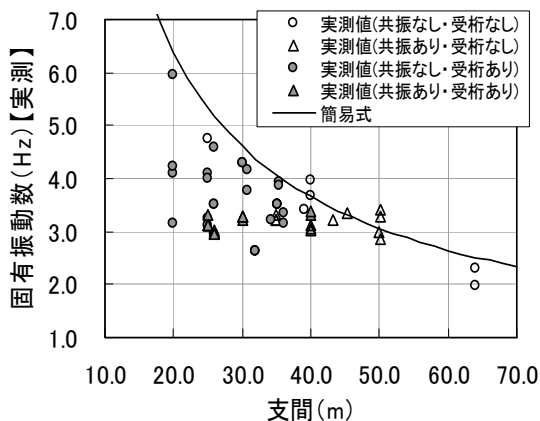


図-5 固有振動数の実測値と簡易式の比較

れる構造の橋梁である。ここで、図-5 に固有振動数の実測値と簡易式の比較について、共振有無、受桁有無に分けて示す。図に示されるように、受桁がある場合はない場合に比べ、固有振動数実測値が簡易式よりも低くなる傾向にある。すなわち、主桁個々の連の支間が短くとも、受桁の影響により固有振動数実測値と加振振動数が近くなることで、共振現象が生じる場合があるといえる。

5. まとめ

鋼合成鉄道橋の共振現象発生条件の検討のための基礎的な知見を得ることを目的として、合成桁の高速列車走行時のたわみ測定を行った結果得られた成果を以下にまとめる。

- 1) 測定した 42 橋梁 115 連のうち 13 橋梁 28 連において共振現象を確認した。
- 2) たわみの実測波形から桁の固有振動数を求めた結果、共振現象が発生している桁においては、固有振動数と列車の加振振動数が近い値にあることが分かった。
- 3) 受桁がある橋梁においては、受桁の影響により固有振動数実測値と加振振動数が近くなることで、共振現象が生じる場合がある。

今後の課題として、共振現象による耐疲労性への影響の検討が挙げられるが、そのためには、今回整理したデータの分析や、数値解析等により、共振現象の発生条件をより詳細に解明する必要がある。特に、受桁の影響については未解明な部分が多いため、主桁、受桁、さらには下部工も含めた挙動性状や、各々の固有振動数の違いによる相互作用などについて検討を進めていく。

参考文献

- 1) 曾我部正道，後藤恵一，徳永宗正：高速列車走行が構造物の耐疲労性能に及ぼす影響，鉄道総研報告，Vol.26, No.8, pp.41-46, 2012.8
- 2) 増田勝三，佐藤浩二，植村潤：3 径間連続ボックスガーダーを有する鉄道橋の現況評価と検査・補修，鉄道工学シンポジウム論文集，No.17, 2013.7
- 3) 高橋康将，坂本保彦，御崎哲一：デジタルカメラを用いた非接触式たわみ測定器の実用化，鉄道施設協会誌，Vol.50 No.2, pp.124-126, 2012.2
- 4) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説-鋼・合成構造物，pp.52-56, pp.228-243, 2009.7