

列車走行時における鋼箱桁橋の振動性状把握と垂直補剛材下端部への影響について

東海旅客鉄道
東京大学

正会員 ○庄司朋宏
正会員 石井博典

フェロー 関 雅樹
学生会員 宮下 剛

フェロー 藤野陽三

1. はじめに

東海道新幹線のような高速で列車運行されている鋼鉄道橋においては、ウェブや下フランジの局部振動が原因で垂直補剛材下端のまわし溶接部などに変状が発生することが報告されている¹⁾。この事前対策として三角板補強や Tig 処理がすべての鋼箱桁橋で実施されたが、その後の速度向上が局部振動や変状部位へどのような影響を与えているかは明らかとなっていない。したがって、本研究では列車速度と振動の関係や変状部位に発生している応力と各部材の局部振動との関係を把握することを目的として実橋測定を実施した。

2. 実橋調査概要

測定橋りょうは4径間連続箱桁（無道床式 4@40m=160m）の鋼鉄道橋である。走行している列車は車両長 25m の 16 編成で、最高速度は 270km/h である。図-1、表-1 に示す通り主桁ウェブ、フランジに加速度計を設置し局部振動を、垂直補剛材下端に歪みゲージを貼付け局部応力を同時に測定した。

3. 測定結果

測定した時刻歴波形と周波数解析結果の1例を図-2に示す。主桁下フランジの公称応力波形には、列車全体が橋りょうに載荷されることによる大きな1つの波形と、各台車通過に対応する17個のピークが見られる。卓越周波数は3.0Hzであるが、これは17個のピークの周波数であり、台車の規則的な通過による「連行荷重による速度効果」として知られているものである²⁾。垂直補剛材下端応力や主桁ウェブ、主桁下フランジの加速度では、20Hz～30Hzの振動が見られる。

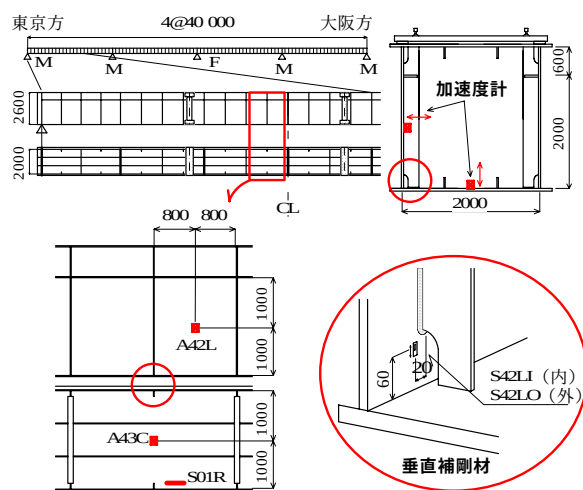
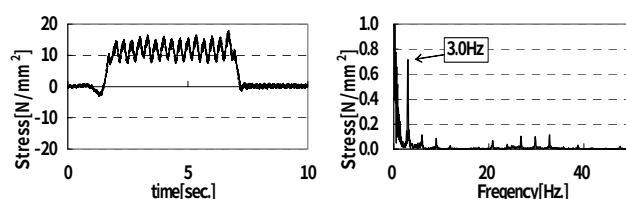


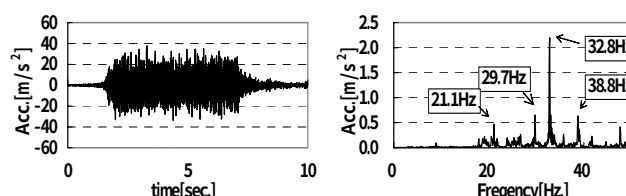
図-1 測定位置

表-1 測定内容

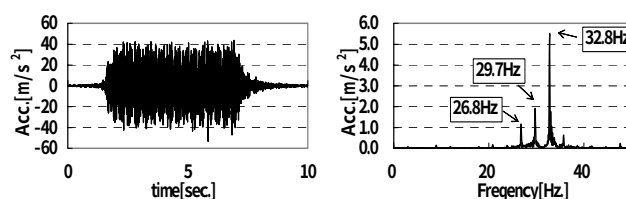
対象部位	センサー	記号	条件
主桁公称応力	ひずみゲージ	S01R	サンプリング周波数 1[kHz]
垂直補剛材下端部	ひずみゲージ	S42LI, S42LO	サンプリング点数 30000
主桁ウェブ	加速度計	A42L	周波数分解能 0.03Hz
主桁下フランジ	加速度計	A43C	測定列車本数 39列車



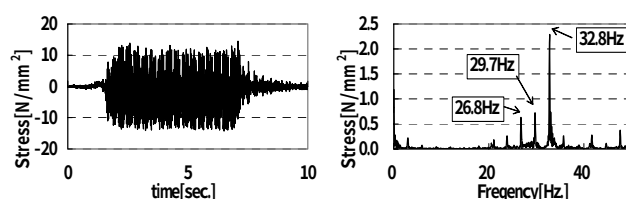
(1) 主桁公称応力 S01R



(2) ウェブ加速度 A42L



(3) 下フランジ加速度 A43C



(4) 垂直補剛材下端応力 S42LI

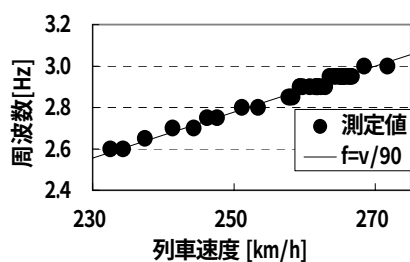
図-2 測定結果の一例

キーワード： 高速列車，振動，局部応力

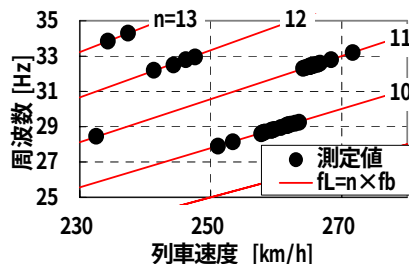
〒485-0801 愛知県小牧市大山 1545 番 33

TEL 0568(47)5374

FAX 0568(47)5364



(1)主桁公称応力の卓越周波数



(2)下フランジ局部振動の卓越周波数

図-3 列車速度と振動数との相関

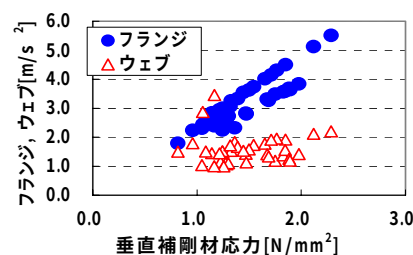


図-4 局部振動と局部応力との相関

4. 考察

ここでは、全 39 列車の測定結果についてまとめた。

(1) 主桁の振動性状

列車速度と、主桁公称応力の卓越振動数について整理したものを図-3(1)に示す。振動数は速度との依存性が高く、連行荷重による速度効果に関する関係式²⁾($f_b = v[\text{列車速度}]/90$ 、以後、強制振動数 f_b と呼ぶ)と良く一致している。

(2) 主桁の振動と局部振動の関

係

列車速度と、主桁下フランジの局部振動（30Hz 付近の高周波振動）の振動数との関係を図-3(2)に示す。図中、強制振動数 f_b の整数倍の数線を併記した。主桁下フランジの振動数は列車速度に依存し、 f_b の整数倍となっていることがわかる。

(3) 各部材の振動と局部応力の関係

垂直補剛材下端応力と、主桁ウェブ・下フランジ加速度の FFT 振幅の相関を図-4 に示す。垂直補剛材下端応力と下フランジ加速度の相関が高いことから、応力の発生原因として、下フランジの振動の影響が大きいと考えられる。

(4) 列車速度と主桁下フランジの局部振動の関係

主桁下フランジの局部振動の FFT 振幅と周波数の関係を図-5(1)に示す。28.7Hz と 32.8Hz にピークが見られるが、これらは主桁下フランジの局部振動の固有振動数であると考えられる。次いで、その 2 つの固有振動数別に、FFT 振幅と列車速度の関係をまとめたものを図-5(2)に示す。それぞれ、ある速度において振幅が大きくなるが、この時の主桁下フランジの振動数 f_L と強制振動数 f_b の比(n)はそれぞれ 10.0, 11.0 であり、整数倍になっている。以上から、主桁の強制振動数 f_b が局部振動の固有振動数の整数分の 1 となる時、局部振動の振幅が大きくなることがわかった。

5. まとめ

- (1)主桁には、規則的な台車の通過による強制振動が発生し、その振動数は列車速度に比例する。
- (2)主桁ウェブや主桁下フランジの局部振動の振動数は、上記の強制振動の整数倍となる。局部振動の振幅は、主桁の強制振動数 f_b が局部振動の固有振動数の整数分の 1 となる時、大きくなる。
- (3)垂直補剛材下端の局部応力の発生要因は、下フランジの局部振動の影響が大きい。

参考文献

- 1 鋼構造委員会疲労変状調査小委員会：鋼橋の疲労変状調査，土木学会論文集，第 368 号，I-5,pp1-12, 1986.4.
- 2 曾我部正道，松本信之，藤野陽三，涌井一，金森真，宮本雅章：共振領域におけるコンクリート鉄道橋の動的設計に関する研究，土木学会論文集，No.724/I-62,pp83-102,2003