

列車走行時における上下線連結材の振動とリブ溶接部への影響について

東海旅客鉄道 ○正会員 庄司朋宏 重森 敦 正会員 荒鹿忠義

1. はじめに

東海道新幹線の上路鋼鈹桁には建設当初より支点部以外にも上下線連結材が設置されている。この部材は構造上、強風時、地震時などの水平力に抵抗すること、列車の高速走行による未知の影響に抵抗することを期待されている。開業してすぐ、この部材のリブ溶接部に振動が原因と推定される変状が発見された¹⁾。上下線連結材は二次部材であることから変状が直接列車運行に影響を及ぼすことはない。この変状対策として、1ピン構造化や2ピン構造化が実施されたが、このうち、特に1ピン構造は変状が再発していることが確認されている。

本研究では、この1ピン構造のリブ溶接部応力の発生原因、列車速度とリブ溶接部応力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

測定橋りょうは単径間上路鈹桁（無道床式、22.5m、R=3500m）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、この区間の最高速度は255km/hである。図-1に示す通り上下線連結材に加速度計を設置し上下振動を、上下線連結工のリブ溶接部に歪みゲージを貼り付け局部応力を、主桁の下フランジに歪みゲージを貼付け公称応力を同時に測定した。測定機器はBMC、測定周波数は400Hz、計測時間は20sec、列車本数は19本である。

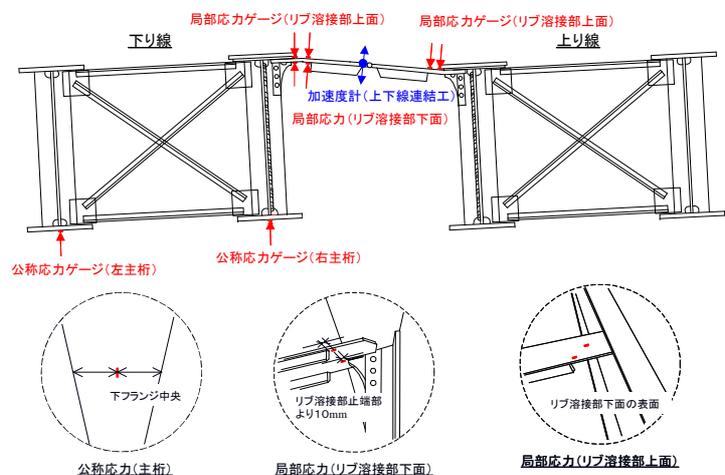


図-1 センサー設置位置

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2.49 Hz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⁾。

上下線連結材の振動加速度は、9.86Hz付近がピークとなる振動が見られ、上下線連結材のリブ溶接部応力には、2.49Hzと9.86Hzの卓越周波数が見られるとともに、列車通過後に減衰振動が見られる。

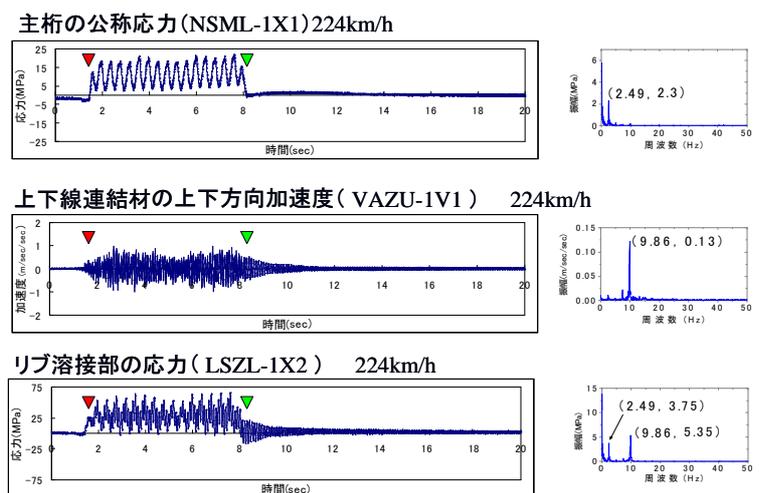


図-2 時刻歴応答波形と卓越周波数

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

4. 考察

(1) リブ溶接部の応力とその発生原因

リブ溶接部の時刻暦応答波形が 2.49Hz と 9.86Hz の周波数が卓越していることから、この部位の時刻暦応答波形を 3Hz 未満と 3Hz 以上でフィルター処理したときの波形を図-3 に示す。これから、リブ溶接部の局部応力は公称応力と同様の列車通過による桁のたわみによる応答と、上下線連結材が上下方向に振動することによる応答によるものであるといえる。また、表裏の時刻暦応答波形から、リブ溶接部には軸力がほとんど作用していない曲げ挙動であることが確認された。

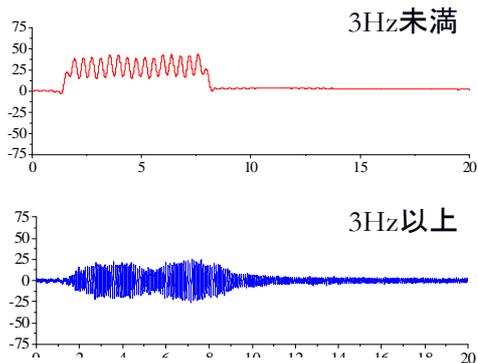


図-3 リブ溶接部応力の分解

リブ溶接部応力と主桁、上下線連結材の卓越振動数の振幅との関係を図-4 に示す。これより、リブ溶接部応力は主桁ではなく、上下線連結材とで高い相関があるといえる。したがって、リブ溶接部応力の増加は、上下線連結材の振動が大きく依存していると考えられる。また、残留振動部分から固有振動数は 9.67Hz であった。

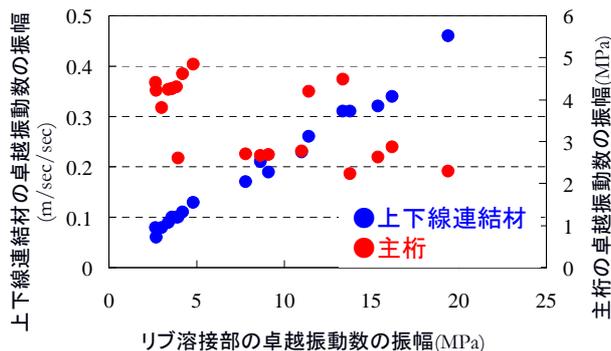


図-4 リブ溶接部応力と主桁、上下線連結材の相関

(2) 列車速度とリブ溶接部応力の関係

列車速度とリブ溶接部応力の振動数（上下線連結材の振動である 10Hz 付近）との関係を図-5 に示す。図中、先に述べた「連行荷重による速度効果」である強制振動数 f_b (=列車速度/90) の整数倍 (n) の数線を併記した。

これより、リブ溶接部応力の卓越振動数は強制振動数 f_b の整数倍の直線とよく一致しており、列車速度が 240km/h 付近で $n=4$ から $n=3$ に移行している。また、振幅は 210km/h 付近で $n=4$ がピークとなり、 $n=3$ が大きくなっていくのがわかる。これは、上下線連結材の固有振動数と $n \times f_b$ が一致するためと考えられる³⁾。

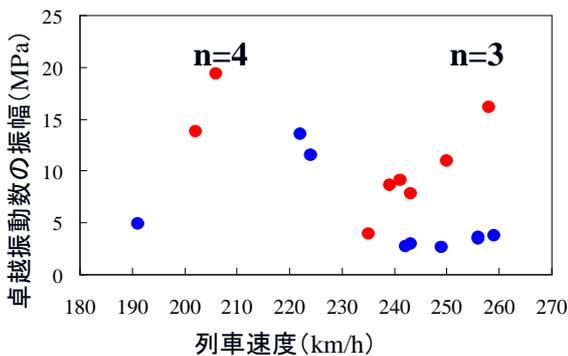
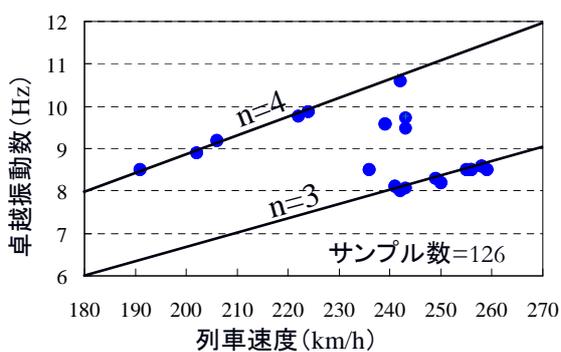


図-5 列車速度とリブ溶接部応力の卓越振動数の関係

5. まとめ

- (1) 上下線連結材のリブ溶接部には列車通過による主桁のたわみと上下線連結材の振動から曲げ応力が発生する。また、リブ溶接部応力は上下線連結材の振動に大きく依存している。
- (2) リブ溶接部応力の 10Hz 付近の卓越振動数は、主桁の強制振動数 f_b の整数分の 1 となる時、大きくなる。

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
- 3 庄司朋宏，関雅樹，石井博典，宮下剛，藤野陽三：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，土木学会第 60 回年次学術講演会概要集，2005.9