

鉄道橋(ボックスガーダー)における共振現象の究明

東海旅客鉄道(株) 正会員 ○増田 勝三
 東海旅客鉄道(株) 正会員 佐藤 浩二
 東海旅客鉄道(株) 正会員 植村 潤

1. はじめに

東海道新幹線の開業以来、車両性能等の向上によって列車速度は大きく向上した。

このため、従来から速度向上等の施策にあわせて橋梁に対する列車影響の評価が行われてきたが、これらの評価はいくつかのモニタリング橋梁で行われることが多く、橋梁毎の影響を評価することは難しい現状にある。このような中、一部の橋梁で巡回や検査時に、特定の列車種別が通過する際に大きく揺れる現象を確認した。

本研究では、列車通過時の速度と加振による振動数及び桁の固有振動数を測定し、当該橋梁の共振現象について確認を行った。

2. 橋梁及び共振発生桁の概要

共振が確認された橋梁の概要を図-1に示す。当該橋梁は全長 272m で、3～5連目が3径間連続ボックスガーダーであり、主桁と受桁が同一平面で一体化された構造である。これ以外の桁は全て単連のボックスガーダーである。また、共振が発生する桁の特定は既往の研究¹⁾にて行われており、4連目、5連目で列車通過後、自由振動が長時間にわたって継続する共振状態を確認し、特に4連目がその影響を大きく受けることがわかっている(表-1)。

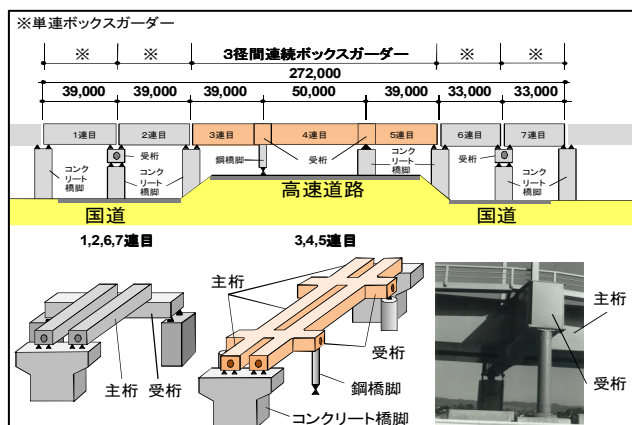
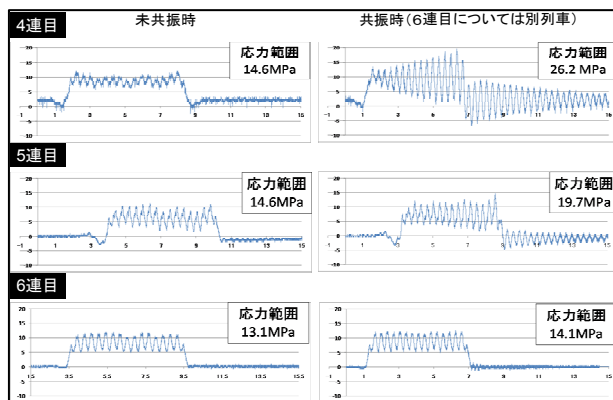


図-1 橋梁の概要

表-1 4連目支間中央下フランジでの応力測定結果



3. 列車速度に着目した共振現象の推定

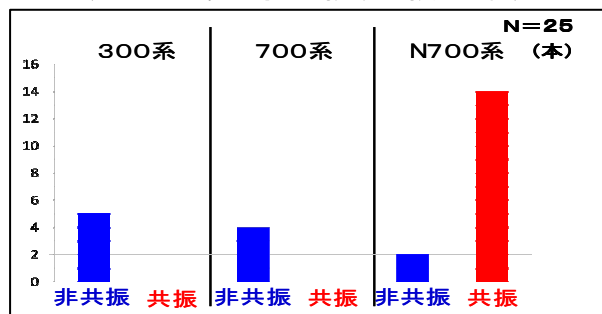
計 25 本の列車が4連目を通過した際の波形を列車種別毎に整理した結果、共振は N700 系のみで発生していることがわかった(表-2)。しかし、表-2の通り、N700 系が通過した際でも共振が発生しない場合が見られることから、列車速度に着目して検討を行った。

列車通過時、桁には車両長に依存する振動が与えられるため、列車速度は、波形前半部分の卓越周波数から、次式で算出できる。

$$\text{列車速度 (m/sec)} = \text{周波数 (Hz)} \times 25\text{m}$$

(25m: 車両長)

表-2 列車種別毎の共振・非共振発生本数



キーワード：東海道新幹線、ボックスガーダー橋、共振、列車速度、固有振動数

連絡先：〒533-0031 大阪府大阪市東淀川区西淡路 1-2-56 大阪新幹線構造物検査センター TEL:06-6307-0512

この結果、N700 系通過による桁の共振時は、73.25m/sec (2.93Hz)となり時速に換算すると 263.7km/h、非共振時は同様の方法で 252.9 km/h 前後の速度で通過していることが分かった。

また、列車通過後の自由振動(波形後半部分)の卓越周波数は 2.93Hz で、これが、桁の固有振動数であると考えられた(表-3)。

4. 共振現象の検証

前項の推定だけでは沓等の変状による桁の振動が含まれている可能性があるため、推定の検証として、速度計センサーを桁内部に取り付け、強制的に自由振動させた波形から固有振動数を算出した結果、2.99Hz であった(図-2)。

そこで、速度計センサーにて列車走行時の振動数を調査した結果、速度が 255 km/h を超え始めると、列車通過中に振幅が大きくなることが確認できた。

また、列車の加振による卓越周波数が、速度が向上するとともに固有振動数に近づき、255 km/h を超えるとほぼ一体となることが確認できたことから、この現象は共振であると断定した(表-4)。なお、当該橋梁の共振による各部材への影響については、問題ないことを確認している¹⁾。

N700 系のみが 255 km/h を超える速度で通過する理由を調査したところ、本橋梁は R2,500m の曲線近傍に架設されており、車体傾斜システムが搭載されている N700 系は当該箇所では 255 km/h を超えることがある一方、700 系及び 300 系では性能上 250 km/h 以下の通過速度となることがわかった。

5. まとめ

今回実施した調査測定で、列車速度が変化した橋梁区間については、列車の加振による周波数と桁の固有振動が一致し、共振が発生する可能性があることを確認した。

よって、今後の構造物検査においては、このように列車速度が変化した区間については、共振の有無を確認し、各部材への影響に対し注意深く検査を実施していく。

表-3 応力波形のフーリエ変換の結果

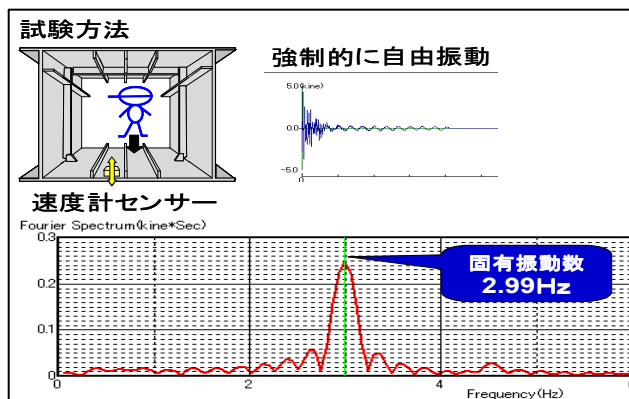
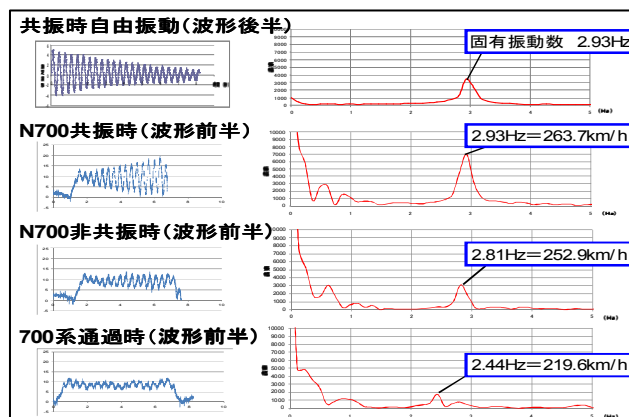


表-4 固有振動数に対する列車速度・振動数

