

新設線区橋脚における固有振動数と標準値の比較検討

JR 西日本 正会員○和田 智弘 (株) レールテック 佐野 宏行  
 JR 西日本 濱田 吉貞 JR 西日本 豊田 隼也

1. はじめに

現在、鉄道橋脚の健全度を判定するために衝撃振動試験法<sup>1)</sup>が多く用いられている。これは対象構造物の固有振動数の値を、新設時の初期値あるいは標準値と比較することで健全度を定量的に判断する手法である。

2015年に開業した北陸新幹線(上越妙高～金沢間)の構造物は、耐震設計標準(1999年)に基づいて設計されている。一方維持管理標準<sup>2)</sup>において示される橋脚固有振動数の標準値は、それ以前に建設された橋脚の実測値を統計的に解析し策定されたものである<sup>2)</sup>ため、背景となる設計体系の違いから、得られる標準値の傾向が異なることが考えられた。そこで、本研究では北陸新幹線橋脚の固有振動数と従来の標準値との比較検証を試みた。

2. 対象構造物の選定と固有振動数の実測

当社では北陸新幹線(上越妙高～金沢間)開業前の2013～2014年度にかけて同区間の橋脚302基を対象に、衝撃振動試験による固有振動数の初期値計測を行った。この302基には門型橋脚や基礎連結橋脚など特殊な構造も含まれ、本研究では鉄筋コンクリート構造の壁式単柱橋脚(複線橋脚)118基を検討対象とした。これら橋脚の基礎分類を表-1に示す。

表-1 各種選定橋脚

基礎種別	選定橋脚数量
直接基礎	30
杭基礎	74
ケーソン基礎	14
計	118

固有振動数の実測は、20kg重錘を用いて橋脚天端部を横方向から水平打撃した際の応答振動を衝撃振動試験システム「IMPACT III」により測定し、得られた振動波形を図-1の通りフーリエ変換して得られる卓越振動数を、橋脚の固有振動数として定

義している。

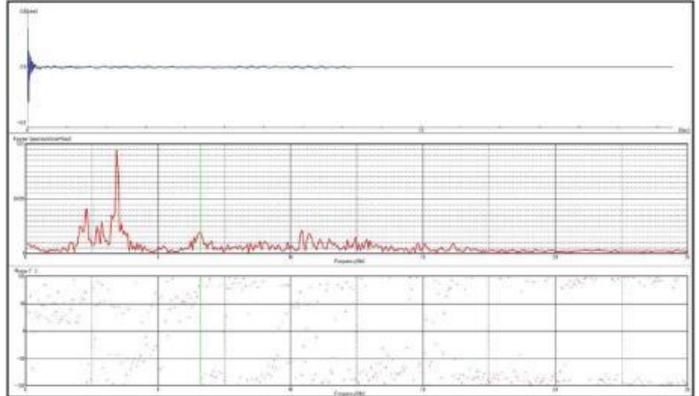


図-1 「IMPACT III」による固有振動数測定

3. 実測値と標準値の比較

橋脚固有振動数の標準値は以下の算定式によって求められている。

- ・直接基礎 (式-1)

$$F = 23.7 \times \frac{B^{0.81}}{W_h^{0.25} \times H_d^{0.75}}$$

F = 固有振動数(Hz)

B = 橋脚直角方向の躯体幅(m)

H<sub>h</sub> = 桁重量(t) H<sub>d</sub> = 橋脚高さ - 土被り(m)

- ・杭基礎 (式-2)

$$F = 35.0 \times \frac{(B^3/L)^{0.15} \times (D^3 \times N^{1/4} \times n)^{0.1}}{(W_h \times t^2)^{0.25}}$$

F = 固有振動数(Hz)

B = 橋脚直角方向の躯体幅(m)

W<sub>h</sub> = 桁重量(t) L = 橋脚高さ(m) D = 杭径(m)

n = 杭本数(本) N = 加重平均N値

t = 杭の第一不動点高さ + 橋脚高さ(m)

- ・ケーソン基礎 (式-3)

$$F = 11.83 \times \frac{N^{0.184}}{W_h^{0.25} \times H_k^{0.75}}$$

F = 固有振動数(Hz)

W<sub>h</sub> = 桁重量(t) N = 加重平均N値

H<sub>k</sub> = 橋脚高さ - 天端張出部の高さ(m)

図-2は、橋脚118基について固有振動数の実測値

キーワード：固有振動数，衝撃振動試験，重回帰分析

連絡先：〒920-0036 石川県金沢市元菊町68-2 金沢土木技術センター TEL (076)223-3206

と標準値を比較したものである。総じて実測値が標準値を上回っており、新しい構造物は固有振動数が比較的高く出ることが確かめられる。

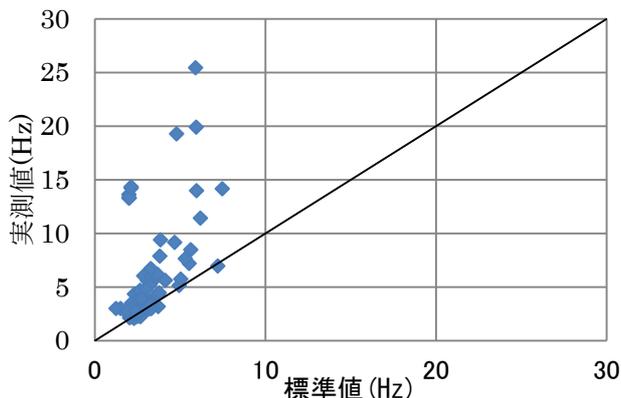


図-2 実測値と標準値の関係

また、これを基礎種別ごとに比較したものを図-3に示す。このうち、杭基礎では2.0Hz~5.0Hz帯の比較的低い領域に実測値、標準値ともに集中している。これは北陸新幹線の場合大部分がコンクリート桁のため桁重量が大きく、また躯体高さも比較的高いことから、実測値・標準値ともに振動数が低く抑えられていることが考えられる。

また、直接基礎やケーソン基礎では実測値が分散あるいは二局化している傾向がみられる。これは橋脚の高さや上部重量、基礎の剛性そのものの違いにより、基礎底部を中心とした回転（ロッキング）による高振動数が卓越しているケースと、橋脚く体の片振り（スウェイ）による低振動数が卓越するケースの違いによるものと考えられる。北陸新幹線の橋脚の多くは高さや上部工重量が比較的大きく、後者の振動が卓越するケースが多くなると考えられ、実際に10Hzを超える高い固有振動数を示した構造物の数は多くない。

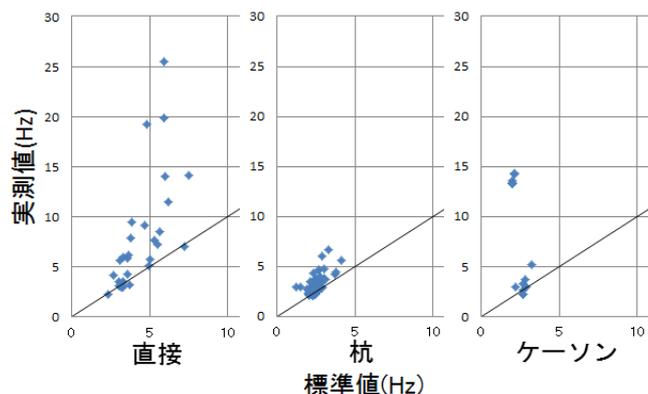


図-3 各基礎別実測値と標準値の関係

#### 4. 橋脚種別ごとの重回帰分析結果

ここでは目的変数を固有振動数の実測値とし、各種橋脚の固有振動数の標準式に使用されているパラメータを説明変数と設定した上で、重回帰分析を行い実測値に即した策定式を求めた。

- ・直接基礎 (式-4)

$$F = 48.4 \times \frac{B^{2.29}}{W_h^{0.66} \times H_d^{0.81}}$$

- ・杭基礎 (式-5)

$$F = 0.0002 \times \frac{B^{0.4} \times N^{0.66} \times t^{3.52}}{W_h^{0.057} \times L^{1.54} \times D^{2.54} \times n^{0.23}}$$

- ・ケーソン基礎 (式-6)

$$F = 0.031 \times \frac{W_h^{0.83} \times N^{0.32}}{H_k^{0.8}}$$

重回帰分析による策定式には、先に述べたパラメータを常用対数変換した値で実施した。重相関係数は直接基礎 0.84、杭基礎 0.77、ケーソン基礎 0.98と高い値となった。特にケーソン基礎については、サンプル数が少なく説明変数値の幅が少なかったことから、重相関係数の値が高い傾向となった。

#### 5. まとめ

本研究では標準値と同じパラメータを用いて重回帰分析を行い、実測値と標準値との比較を行ったが、パラメータ相互の相関や、他に高相関の説明変数が存在する可能性など課題も残されている。今後は多変量解析による検討<sup>3)</sup>を深めるとともに、実測を重ねてより多くのサンプルデータを得ながら、新規線区的设计事情や特情に応じた橋脚固有振動数の健全度指標の策定に取組み、より適切な構造物の維持管理に努めていきたいと考えている。

#### 【参考文献】

- 1) 西村昭彦・棚村史郎：季節橋梁橋脚の健全度判定法に関する研究，鉄道研究報告 Vol. 3, No. 8, pp. 41-49, 1989. 8
- 2) 鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等維持管理標準・同解説（構造物編）基礎構造物・抗土圧構造物，2007. 1
- 3) 西村昭彦・羽矢洋：衝撃振動試験による山陽新幹線構造物の健全度判定，基礎工 Vol. 24, No. 9, pp. 73-79