

## 河床低下が生じた橋脚の健全度評価

鉄道総合技術研究所	構造物技術研究部	正会員	羽矢	洋
同	上	正会員	大村	寛和
同	上	正会員	上半	文昭
西武鉄道株式会社	飯能保線所	正会員	近藤	健右

## 1. 目的

西武鉄道池袋線第10高麗川橋梁は、岩盤上に構築された直接基礎橋脚を1基有している。本橋梁が位置する河床は長年にわたり河床低下が進行してきており、そのため根固め工による補強対策が実施された。

その後は安全上の配慮から、定期的に列車通過時の橋脚沈下測定を実施し、橋梁の安全性を確認してきている。ここでは、本橋梁橋脚を対象に実施した健全度詳細調査結果を報告する。

## 2. 橋梁概要

当該橋梁は河川中に橋脚1基を有する2径間橋梁で、下部工の基礎形式は直接基礎である。上流および下流の近傍には河床に岩盤が露出しており、左岸、右岸の状況とも併せて、直接基礎は良好な岩盤上に構築されていることが予想できる。図1に本橋梁橋脚の状況を示す。



図1 第10高麗川橋梁概要

## 3. 試験実施概要

橋脚の健全度診断を目的に以下の試験および解析を実施した。

## (1) ピアノ線式変位計測(盛工式)

橋脚の天端からピアノ線を垂らし、橋脚近傍の河床に設置した錘を不動点として、列車通過時の動的鉛直変位量をダイヤル式変位計で計測するもので、鉄道では古くから用いられてきた計測手法である。その概要を図2に示す。

## (2) Uドップラーによる計測

鉄道総研で開発した構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」<sup>1)</sup>を用い(図3)、列車通過時の動的鉛直変位を計測した。計測では橋脚天端に反射板を設置し、ドップラー変位計は橋脚近傍の河床に設置した(図4)。

## (3) 衝撃振動試験

衝撃振動試験<sup>2)</sup>は、橋梁下部構造物の健全度診断法として鉄道橋梁だけでなく最近では道路橋梁にも活用されるようになった。このように本試験法が普及した背景には、基礎の支持力性状や部材の健全度と密接な関係にある下部工の固有振動数を診断指標としていること、また、試験法そのものが簡易で、固有振動数を容易に特定可能といったことがある。試験法の流れを図5に示す。なお、健全度評価においては、下部工の完成直後の固有振動数(初期値)とその後の試験で得られる固有振動数を比較することが最も適切な方法であるが、既設構造物の場合、初期値が得られていることはまれであるため、鉄道総研では鉄道橋梁用診断基準値として「固有振動数の標準値算定式」を用意している。(1)式は直接基礎橋脚用の標準値算定式で、(2)式に示す判定式によってその健全度を評価している。

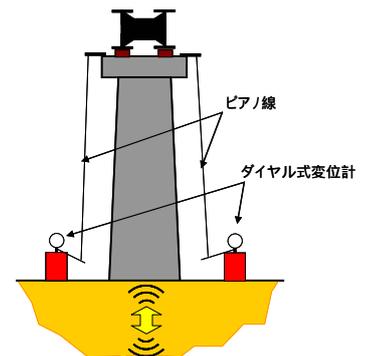


図2 盛工式沈下計測概要



図3 Uドップラー外観

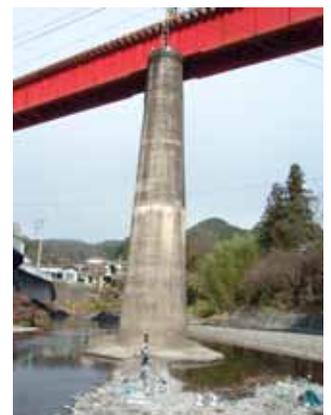


図4 Uドップラー設置

キーワード 河床低下、沈下計測、レーザー変位計、衝撃振動試験、地盤ばね、固有値解析

連絡先 〒185-0034 東京都国分寺市光町2-8-38 (財)鉄道総合技術研究所 基礎・土構造 TEL042-573-7262

(4) 衝撃振動試験結果のシミュレーション解析

衝撃振動試験では下部工の固有振動数を把握するだけでなく橋脚の天端、中間部、下端部等に複数センサを配置し、固有振動モードを把握する。こうして得られた振動数、振動モードを図6に示す固有値解析モデルによりシミュレーションすることで、躯体剛性、基礎の支持力を定量的に評価可能となる。

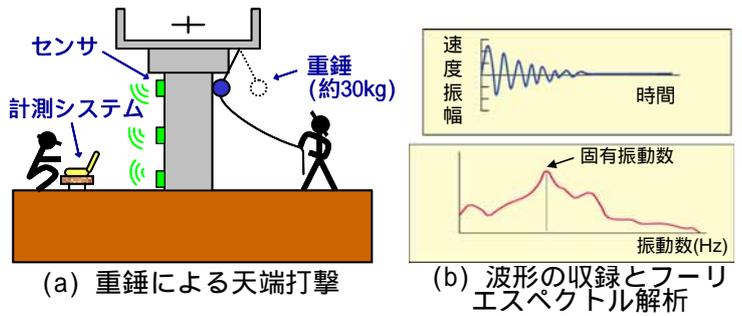


図5 衝撃振動試験の一連の流れ

4. 試験および解析結果

各種実測結果および解析結果を以下に示す。

(1) ピアノ線式変位計測結果

本手法により得られた4列車分の沈下量計測結果を表1に示す。この結果より、0.1mm以下の些少な沈下量程度であることが分かる。

(2) Uドップラー計測結果

本手法により計測した動的沈下量測定結果の例を図7に示す。この結果はピアノ線式の1番目の列車の時のもので、下流側での計測結果である。計測値としてはピアノ線式の結果を上回ってはいるが、沈下量としての値は些少であり、(1)の結果とも合わせて、基礎の支持力性状は良好な状態であると判断できる。

(3) 衝撃振動試験

紙面の都合により結果だけを述べると、当該橋脚の標準値は9.95Hzであるのに対し、実測固有振動数は10.01Hzであった。このことにより、 $F$ は1.0を越える値となり、当該橋脚は健全と判定された。

(4) 衝撃振動試験結果に基づくシミュレーション解析

固有値解析モデルの構築では、基礎ばねの初期値としてフーチング底面地盤、側面地盤ともに $N$ 値=50と仮定し算定した。また、躯体の剛性はコンクリートの強度 $24\text{N/mm}^2$ の場合のヤング係数 $=25\text{kN/mm}^2$ として算定を行った。この初期モデルから実測値をシミュレーションすることで、基礎ばねのシミュレート倍率は底面、側方ともに地震時ばねの2.6倍、躯体剛性は0.75倍という結果を得た。この結果、基礎は安定性を担保していること、橋脚躯体については $18\text{N/mm}^2$ を若干下回る程度の保有強度は有しており、通常の使用においては問題となるものではないことが分かった。

5. まとめ

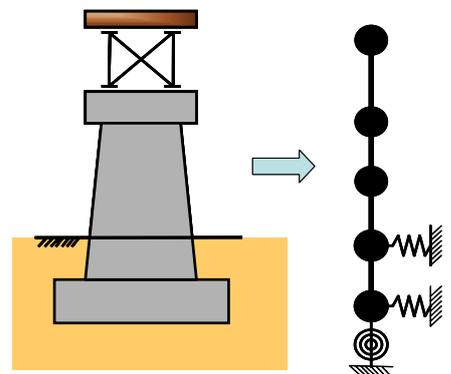
河床低下により根固めされた当該橋脚であったが、安全性の配慮から定期的な沈下計測が実施されてきたが本検討によりその健全性が確認できたことで、今後は目視主体による検査に代えてよいことがわかった。

参考文献

- 1) 上半文昭：構造物診断用非接触振動測定システム「Uドップラー」の開発，鉄道総研報告，第21巻，第12号，pp.17-22，2007.12
- 2) 西村昭彦、羽矢洋：橋梁基礎の健全度判定法と判定例，第21回地震工学研究発表会，(1991)

$$F = 83.7 \times \frac{1.0}{\text{上部工重量}^{0.20} \times \text{橋脚高さ}^{0.71}} \quad (1) \text{式}$$

$$\text{健全度指標の算定} = \frac{\text{実測固有振動数}}{\text{固有振動数の標準値 } F} \quad (2) \text{式}$$



(a) 橋脚 (b) 解析モデル化  
図6 固有値解析の概念

表1 ピアノ線式沈下量計測結果

方向	電車形式	編成	乗車率	最大反力	実測沈下量 1/100mm	
					下流側	上流側
下	10000系	7両	50%	34.25	3	1
上	4000系	4両	50%	33.51	-1	1
上	10000系	7両	50%	34.25	-1	2
下	4000系	4両	50%	33.51	0	1

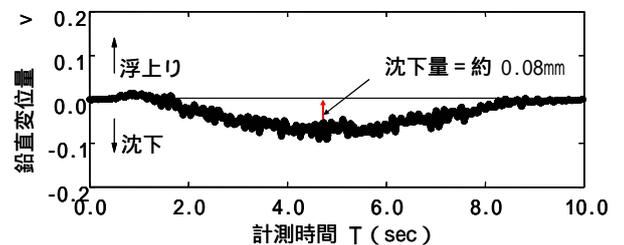


図7 Uドップラーによる計測結果