

橋梁の維持管理の高度化・モニタリング技術の検証 (上津屋橋－流れ橋－)

京都府 ○小河 聡 春田 健作

(株) 計測リサーチコンサルタント 梅本 秀二 大畑 秀之

広島大学大学院 井上 満晶 竹田 和真

1 上津屋橋（流れ橋）

上津屋橋は、京都府南部を流れる一級河川木津川を渡る全長356.5mの木造橋である。川の水位が上がると橋本体が流れ出す構造から、「流れ橋」と呼ばれており、地域の観光の柱、時代劇等の撮影地として地域から親しまれる。昭和28年に建造されてから21回の流出を経験し、これからの維持管理を適切に継続するための方策を検討しているところである。本報告では、流れ橋の維持管理の適正化のために試行したモニタリング技術について報告するものである。



写真1 上津屋橋（通称：流れ橋）

2 検証内容

(1) 新技術の導入

京都府では、道路橋をはじめとする公共施設の維持管理を合理的に実施していくため、新技術・材料の採用を推奨し、積極的な活動を行っている。本稿で紹介するモニタリング技術は、若手技師を米国に派遣し、米国の道路管理者からの技術提供によるものである¹⁾。流れ橋の特異な構造と景観へ配慮を要するため、センサーに必要と考えた性能（仕様）について次に列記する。

- | | |
|--------|---|
| 〔要求仕様〕 | <ul style="list-style-type: none"> ・橋脚の傾斜を定期的に自動で計測できること。 ・高い耐久性能（防水性、使用環境温度範囲等）を有すること。 ・流れ橋の流出や耐用年を考慮し、計器は安価であること。 ・景観に考慮し、小型なもので、計測データは無線通信で収録できること。等 |
|--------|---|

(2) 検証・仕様

1) 検証方法

平成26年の台風11号で被災し、撤去することとなったコンクリート製橋脚を傾斜モニタリングの対象とした。計測には、傾斜計測で実績の多い高精度傾斜計（有線）、無線傾斜計を一体化し（写真2）、傾斜（ $\pm 15^\circ$ ）させて計測値の相関を確認した。また、実際の洪水等による橋脚の変位を想定し、 $\pm 1^\circ$ 程度の橋脚の傾斜が検知可能かどうか、併せて無線傾斜計の通信状況を確認した。その際、実橋脚を変形させるために、バックホウを用いて変位を与えた（写真3）。



写真2 センサー取付状況

2) 高精度傾斜計および無線傾斜計仕様

高精度傾斜計（有線）および無線傾斜計の仕様は表1のとおり。

表1 傾斜計仕様

	無線傾斜計(SS社製)	高精度傾斜計(OYO製)
外形寸法	H35×L59×W94 (mm)	φ30×L669×W88(mm)
測定範囲(傾斜角)	$\pm 180^\circ$	$\pm 30^\circ$
測定分解能	1/10 (°) 程度	1/360 (°) 以下
動作温度(℃)	-40 ~ 85 (℃)	0 ~ 50 (℃)
国内実績 (H28.2)	—	多数



写真3 橋脚載荷重状況

キーワード 流れ橋, モニタリング, 無線傾斜計, 傾斜計測, センサー

連絡先 〒602-8048 京都府京都市上京区出水油小路東入丁子風呂 104-2 京都府技術サポートセンター

3 適用検証結果

(1) 測定値の比較, 通信状況 (図1)

高精度傾斜計と無線傾斜計で得られた測定値は高い相関が得られ、その差は概ね傾斜角 $\pm 1^\circ$ 以内であった。また、本無線傾斜計は、国内において、無線通信やインターネット回線を介してのデータ送受信を検証したことがない。そのため、無線通信距離を360mとし、さらにインターネット回線を介して遠隔でデータ収録可能かどうか確認した。結果、全ての測定値の送受信が確認でき、360mの無線通信および国内のインターネット回線網を介した場合でも、通信性能を発揮することが検証できた。

(2) 微小傾斜計測 (図2)

流れ橋は水位が橋面まで上昇すると、床版部材だけが流れに逆らわず離脱する構造であるが、橋脚も流出する事態もある。そのため、橋脚にコンクリート製パイルを採用し構造的に補強している。結果、 0.5° の傾斜角であっても無線傾斜計と高精度傾斜計の相関が得られており、橋脚の異常の閾値を傾斜角 1° とすれば、十分橋脚の異常を検知できると考えている。

(3) モニタリング技術の参考比較 (表2)

橋梁のモニタリング技術を採用しようとするには費用面や設置条件等を把握する必要がある。そこで、参考として、橋梁モニタリングに代表される動的挙動計測³⁾と無線傾斜計を比較した。無線傾斜計は、消費電力とデータ通信量を抑える必要があるが、得られるデータ項目と頻度を最小限に設定することで、従来の技術より安価にモニタリングが可能になると考えられる。動的挙動計測では、温度変化、車両荷重の影響、それによる部材の応答を詳細にモニタリングできるが、対象橋には、配線、データを一時的に保存するための計測小屋が必要であり、管理費が膨らむ傾向にある。

4 維持管理の高度化へ向けて

近年の維持管理分野における技術開発等は目覚ましく、今後、道路施設をより合理的・高度に管理出来るようになることを期待している。モニタリング技術を活用する際、対象構造物の重要性、懸念する事象、コスト等の総合的な知識が必要となるため、情報収集・試行等、鋭意取り組んでいきたい。

参考

- 1) 春田, 高田ら: 公共施設の維持管理の高度化に向けて, 京都府建設技術協会 PP. 75-PP. 96, Vol. 114, 2015. 11
- 2) S.Paul Sumitomo, Mustafa Furkan, John DeVitis, Fred Faridazar ら: An investigation on wireless sensors for asset management and health monitoring of civil structures, SPIE Smart Structures and Materials+Nondestructive Evaluation and Health Monitoring, 2016
- 3) 玉越, 中谷ら: 道路橋の交通特性評価手法に関する研究国土交通省政策総合研究所資料 No. 188 号, 2004. 7

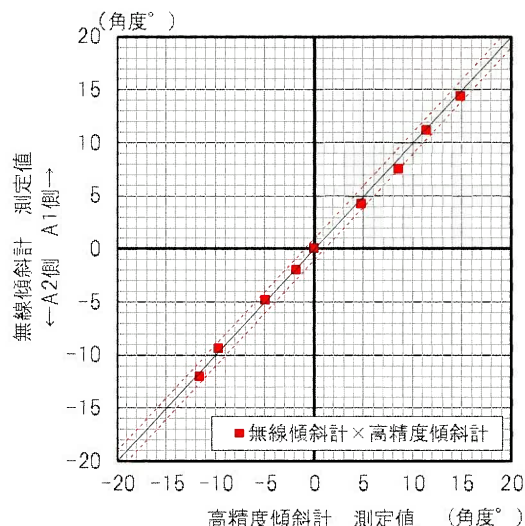


図1 傾斜計測定値の比較

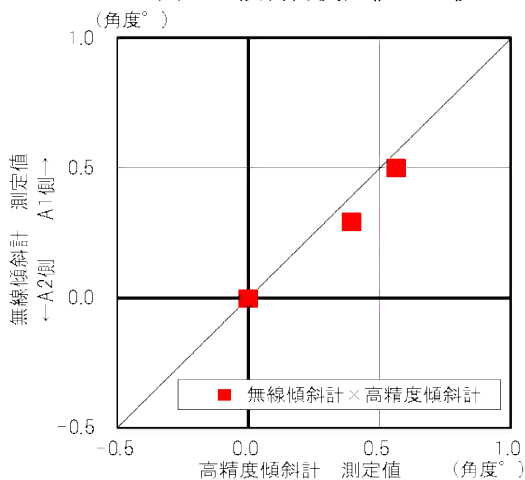


図2 微小傾斜測定値の比較

表2 橋梁モニタリング技術の比較 ((参考) 京都府事例)

比較項目	無線傾斜計(SS社製)	動的挙動計測 (従来)
設置状況(例)		
目的	・傾斜(変位等)異常を検知。	・対象部材の動的挙動を把握。 ・車両荷重の影響も監視可能。
計測手順	①センサーを対象部材に設置 ②通信機器と同期を行い、通信状況を確認。 ③計測頻度等の設定。	①ゲージ, 変位計, データロガー, PC 端末を配置。 ②配線処理, データ収録器から計測値を収録。
設置作業時間	0.25 日	1.0 日
計測コスト比※	0.2	1.0
取得データ	計測頻度小 (データ量: 小)	計測頻度大 (データ量: 大)
留意事項	遠隔モニタリングの場合, 通信会社との契約が必要	対象近傍に計測小屋等が必要

※ 現地計測・データ収録までの費用(実績)を対比したものの。