

# 公共施設の維持管理の高度化に向けて 京都府の取り組み

春田 健作<sup>1</sup>・高田 亮平<sup>2</sup>

<sup>1</sup> (財) 京都技術サポートセンター 土木課 (〒602-8054京都市上京区出水通油小路東入丁子風呂)

<sup>2</sup> 京都府 建設交通部 道路建設課 (〒602-8570京都市上京区下立売通西入藪之内町)

2014年の道路法施行規則の一部改正により、道路施設ではトンネル、橋その他道路を構成する施設、附属物等の5年に1度の定期点検が法定化し、道路をはじめとする公共施設の老朽化への対策が本格始動したところである。京都府では、公共施設の維持管理を重視し、新技術導入事業の創設、モニタリング技術（ドローン、画像処理技術、無線センサー）を検証している。本稿では、その取り組み事例を報告するものである。

キーワード ドローン（UAV）、画像処理、無線センサー、維持管理技術

## 1. はじめに

本報告は、主に、度京都府庁内ベンチャー事業（若手職員が自発的に調査、研究、先進国視察等を行う制度）を機に検証した新技術についての内容である<sup>1)</sup>。そのうち、道路施設の点検、調査等、維持管理段階の合理化につながると考えられる以下の技術、取り組みについて紹介する。

- ・ドローン（UAV）活用
- ・モニタリング技術（無線センサー）
- ・維持管理を支える人材

## 2. 抱えている課題

### (1) 維持管理費（点検費）の増大

道路法施行規則一部改定（2014）<sup>2)</sup>による、道路施設の定期点検費用を試算し、現状と比較した（表-1）。京

都府の道路施設の場合、これまで、5年間で5.5億円の点検費が17.5億円へ増大することが予想される。今後、維持管理に要する費用を抑制することは、重要な課題となってくる。

### (2) メンテナンス技術者

公共施設の管理者はこれまで、工事等の発注者として建設事業の推進が業務の中心であった。さらに、土木系職員の業務は画一的ではなく、施設の設計、発注、施工監督の他、用地交渉、事故・災害対応、許認可事務、調整協議等、幅広く対処している。そのため、現在の管理者は、多様な条件下にある公共施設の維持管理を適正に行うための技術力（経験）を得る機会が少なくなっており、維持管理（点検、診断、補修補強）の経験が豊富な人材は極めて少ない。特に、地方自治体では、部署、土木系職員数が少なくなるほど、一人の職員が多く業務を幅広くこなす必要があり、特定の分野の技術経験を重ねることが難しい状況にある。

表-1 定期点検費用の試算（1点検周期：5年間当たり）

対象施設（例）	法定化前	法定化後（H26.7～）	増分	補修費
橋梁	2億5千万円	1.5億円	1.2億5千万円	+ α
トンネル	2億円	5億円	3億円	
シェッド・標識	-	2億円	2億円	
計	5億5千万円	2.2億円	1.7.5億円	+ α

※ 定期点検は、5年毎に1回行うものとし、概算費用である。

### 3. ドローン (UAV) 活用

#### (1) 防災協定

京都府では、2016年1月に大規模災害に備え、「災害時等における無人航空機の運用に関する協定」を締結<sup>3)</sup>し、有事のドローンによる被災状況確認等を検討しており、維持管理の分野でもその活用を期待している。

#### (2) のり面、シェッド調査

ドローンの橋梁点検への活用適用・検証は、国土交通省をはじめ多く進められている<sup>4)</sup>。本報告の対象施設は、地滑りが発生したのり面や道路を跨ぐシェッドとしている。試行した路線（主要地方道 大津南郷宇治線）は、宇治川（ダム）沿いの道路で、地滑り等の災害が発生し、度々通行規制を行っており、被災時を想定し、ドローンの操縦者と崩落箇所までの離隔を500mとし、遠隔からの調査を試行した（図-1）。



図-1 撮影平面

#### (3) UAV撮影・画像処理技術

道路防災点検（従来実施している、専門分野の技術者による点検）とドローンの空撮で得られた記録の特徴を表-2にまとめる。

道路のり面は、「道路土工構造物技術基準」にも規定され、点検・維持管理の対象施設となる。橋梁のように詳細な点検マニュアル等はなく、道路防災点検（防災カルテ）が点検手法の基本となっている。

「道路防災点検」では、技術者が地形図の資料で危険箇所を推定し、現地踏査することで危険箇所の特定し、防災計画等の基礎資料を作成する。

「ドローンの活用」により、現地踏査で確認できない範囲・角度から法面の崩落の全貌やシェッド上面等が容易に確認できる。汎用ソフトで画像を合成し3Dモデルを構築し形状や寸法を検測も可能である。モデル化は、対象が樹木に覆わると適さないが、工作物や災害による斜面の崩落部は地山が露出するため、被災対応時に迅速に活用できれば大きな効果が期待できると考えている。

一方で、のり面の点検のように安全性・施設の健全性を診断するような作業では、単純に現地の写真判定で、危険性、健全性を判定するのではなく、過去の被災状況や、地質条件、遊水、沢の形状等を勘案しながら進めるものである。そのため、専門的知識を有する技術者がドローンのような新技術をうまく活用し、合理的に診断につなげることが望まれる。

表-2 防災点検とドローン撮影による記録の特徴

	道路防災点検	のり面・ロックシェッド（3D画像）
取得記録		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地形図、過去の被災記録、地質図等と照査する。</li> <li>・2,3名で現地踏査する。</li> <li>・道路防災点検として全国で実施されている。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ドローンにより、対象施設の画像データを多数取得する。</li> <li>・取得画像データを解析ソフトにより、3Dモデルで再現する。（工作物が再現し易く、自然斜面・樹木等は3D化不可。）</li> <li>・50m×50m範囲の撮影は約5分、画像解析に約3時間が必要。</li> </ul>

#### 4. モニタリング技術（無線センサー）

##### (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（図-2）。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ている。1953年（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り、維持管理の適正化のために試行したモニタリング技術<sup>5)</sup>について紹介する。



図-2 上津屋橋（流れ橋）

##### (2) 無線傾斜計の試行

流れ橋の特殊な条件や景観へ配慮を要するため、センサーに必要と考えた仕様について以下に列記する。

[センサーに求める仕様]

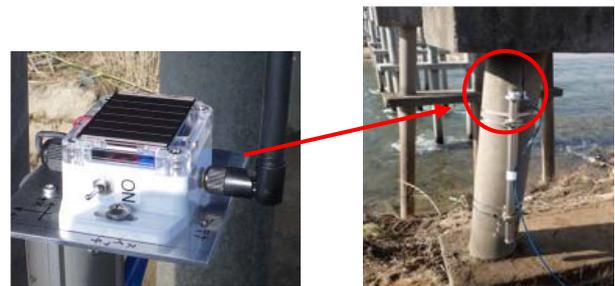
- ・橋脚の傾斜を定期的に自動で計測できること。
- ・高い耐久性能（防水性、使用環境温度範囲等）を有すること。
- ・橋の流出や耐用年を考慮し、安価な計器であること。
- ・景観に考慮し、小型なもの。かつ、計測データは無線通信で収録できること。等

計測の対象は、2014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とした。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。これまで橋脚も流出（倒壊）する事態もあり、大規模な復旧工事が必要となる場合もあった。そのため、橋脚にコンクリート製パイルを採用し強固な構造としており、その橋脚の変状を検知することを想定している。

傾斜計測は、傾斜計測で実績の多い高精度傾斜計、無線傾斜計を一体化し、双方の計器で傾斜時（±15°）の挙動を計測し相関を確認した。また、実際の洪水等による橋脚の変位を想定し、微小な変動（傾斜角±1°以内）の橋脚の傾斜を確認した。高精度傾斜計および無線傾斜計の性能は表-3のとおりである。

##### (3) 検知精度

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±1°以内であった（図-4(a)）。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かったが、全ての測定値の送受信が確認でき通信性能を発揮することが検証できた（無線通信距離を360m、インターネット回線を介しデータ収録）。



(無線センサー本体)

(高精度傾斜計  
無線センサー設置)

図-3 センサー設置状況

表-3 センサー仕様

	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	±180°	±30°
測定分解能	1/10 (°) 程度	1/360 (°) 以下
動作温度	-40 ~ 85 (°C)	0 ~ 50(°C)
国内実績*	—	多数

※実績は2016年2時点。

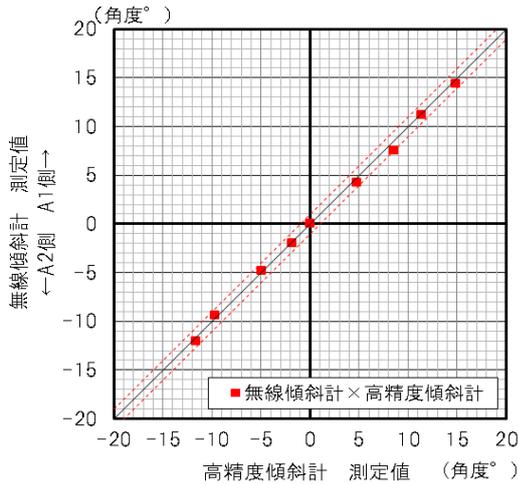
図-4(b)では、実際の橋脚の傾斜角 0.5° 以内であっても無線傾斜計と高精度傾斜計の相関が得られており、橋脚の異常の閾値を傾斜角 1° とすれば、十分橋脚の異常を検知できると考えている。

##### (4) コスト比較（参考）

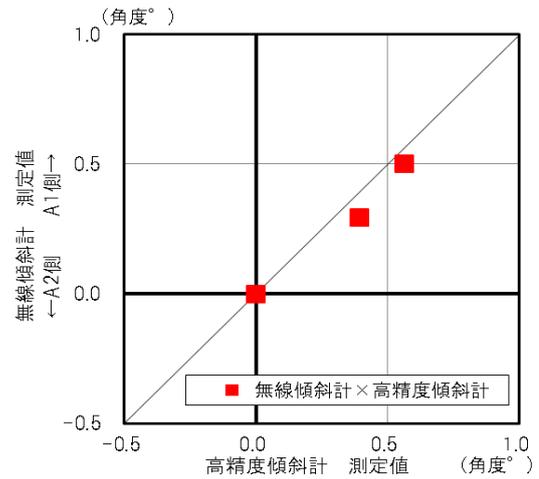
橋梁のモニタリング技術を採用について検討するためには、費用面や設置条件等を把握する必要がある。そこで、参考として橋梁モニタリングに代表される動的挙動計測<sup>6)</sup>と本計測に要した費用等を比較した（表-4）。

無線傾斜計は、消費電力とデータ通信量を抑える等の利用制限等を検討する必要があり、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



(a)高精度傾斜計（有線）との精度比較



(b)微小変形域での検知精度

図-4 傾斜の検知精度

表-4 無線傾斜計と動的挙動計測の特徴比較

比較項目	無線傾斜計	動的挙動計測（従来手法）
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※	40 万円 (0.2)	200 万円 (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	長期計測の場合、対象近傍に計測小屋等が必要

※ 同等の変位データを得るために要した、準備、現地計測・データ収録の費用の概算費用例。

よる部材の応答を詳細にモニタリングできる。対象橋には、配線を設置し、データを一時的に保存するための計測部屋等が必要になる場合があり、管理費や取得データの処理費が膨らむ傾向にある。

## 5. 維持管理を支える人材

### (1) 米国の事例調査

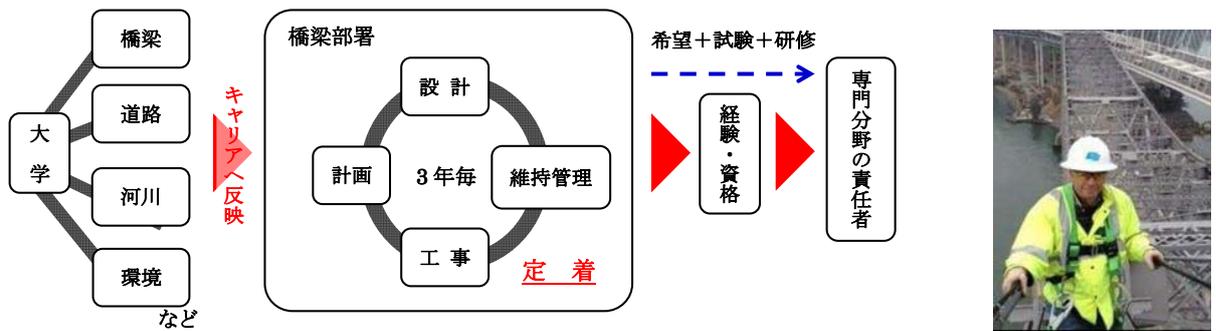
維持管理の分野には、これまで用いていない新技術を導入することの有用性を確認した。併せて、新技術は維持管理を合理的に実施していくツールであり、技術力を備え新技術を適切に使いこなす技術者の役割が重要であ

ると感じた。ここでは、公共施設の老朽化対策に対して、先進的に取り組んでいる米国（カリフォルニア州）の事例を紹介する。

カリフォルニア州の交通局（California Department of Transportation）は、過去に大地震（Northridge Earthquake, 1994）の経験から、維持管理分野での評価が高く、点検・補修等に携わる技術者が多く所属している。

米国は、管理者側の技術者を民間から人材雇用するポスティングシステムを多くの州が採用しているが、カリフォルニア州では、維持管理に携わる土木技術者のほとんどは、中途採用ではなく、大学卒業後に入庁し州の専門部署で経験と知識を磨いているとのことである。図-5にその概要を示している。

そこでの技術者は、大学で専攻していた分野（橋梁、



(長大橋点検を指揮する職員)

図-5 維持管理の人材育成事例 (米国事例)

道路、河川、環境、都市デザイン、交通計画等)に近い部署に配属となり、3年毎に複数の関連部署を経験する。概ね10年したころ、希望と技術試験により配属先が決まる。配属が決定したら、部署にエキスパートとなるため、経験、資格を取得することで責任のあるポスト付くことができる。

(橋梁定期点検)

米国では、既に1971年から2年に1回の橋梁の定期点検が義務づけられている。年に一度、特に深刻な状況と判断されている橋梁に対し、米国連邦道路管理局による抜き打ち検査があり、定期点検が基準通り実施されていない場合や、著しく診断が適切でない判断されると、州へ配分されている全ての交付金執行が一時停止する仕組みとなっている。

そのため、全ての橋梁の点検結果は州の技術者(Professional Engineer(PE))が技術審査し、その責任を負うこととなっている。

市が管理する橋梁についても、州が点検を行う。市は、住民サービスを行う業務が中心で、橋梁のメンテナンス部署があるところは少ない。

また、カリフォルニア州で特徴的なのは、州の技術者が直接現場を指揮していることである。点検では、橋梁の規模、架橋条件や劣化の状況毎に、点検結果に対する補修の要非判断等が管理者側に委ねられるため、直営で実施の方が合理的であるとのことである。

(2) 技術者(人材)の必要性

ドローンやセンサーのような技術の性能は急速に進歩している。維持管理を支える人材は、米国の事例にあるように、一朝一夕に輩出できるものではない。維持管理を進める上で、技術者の能力が低下すると以下のことが懸念される(米国技術者からのアドバイス含む)。

- ・ 管理者ではない点検の委託(外注)は、契約事項をこなすことが主目的となり想定外の変状等に気づけなくなる。
- ・ 管理者が適切な業務委託ができなくなる。
- ・ 維持管理の合理化が図れず、財政を圧迫する。等

京都府では、公共施設の維持管理を継続的に安全に、長持ちさせていくため、市町村と共同で技術的な業務に特化した組織を立ち上げた。新組織では、技術者が不足する管理者の支援を行い、府内全体の技術力維持、管理者が技術研鑽も兼ねることができると期待されている。

6. まとめ

公共施設の維持管理の分野では、最新技術を活用することで高度化し、より合理的に長期に安全を維持するカギを握る。今後とも、積極的に技術検証を推進したい。

(ドローン活用)

- ・ ドローンの操作性、画像処理技術の革新により、維持管理分野(特に被災状況確認する等)で活躍が期待できる。

(無線傾斜計)

- ・ モニタリング技術の一つとして、無線で小型な計器は有意である。国内では実績がない米国の計器であっても、通信機能は確保されていることが確認できた。

(維持管理を支える人材)

- ・ 公共施設を維持管理していくために、新技術等により合理化を図ることは不可欠となっている。技術革新と比べ技術者育成には経験と時間を要するため、管理者間の連携、組織的な対応、技術研鑽の機会を設けるなどの必要性を感じている。

謝辞：本報告は、京都府庁内ベンチャー事業により、新技術の検討、先進国視察の成果からとりまとめたものである。この成果を得るために筆者らをサポート頂いた京都府建設交通部の職員はじめ、視察等でお世話になった、カリフォルニア州交通局 (Structure Maintenance and Investigation, Chief) EROL C. KASLAN(PE)氏、Dr. S. Paul Sumitomo氏に感謝する。

参考文献

- 1) 春田, 高田, 菊本, 大島: 公共施設の維持管理の高度化へ向けて, ~H27 庁内ベンチャー: 米国視察・維持管理と technology の融合~, 京建技報告 (京都府建設技術協会), Vol.114, PP77-96, 2015.11
- 2) 国土交通省: 航空法施行規則の一部改正について  
[http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10\\_hh\\_000086.html](http://www.mlit.go.jp/report/press/kouku10_hh_000086.html)
- 3) 例えば, 京都新聞 HP: 災害時にドローン活用京都府、撮影協会と協定締結. 2015.1.15  
<http://www.kyoto-np.co.jp/politics/article/20160115000078>
- 4) 国土交通省 HP: 社会資本メンテナンス元年, 老朽化への対策と長寿命化への挑戦  
[http://www.mlit.go.jp/page/kanbo01\\_hy\\_002952.html](http://www.mlit.go.jp/page/kanbo01_hy_002952.html)  
<http://www.mlit.go.jp/common/001047217.pdf>
- 5) S.Paul Sumitoro, Mustafa Furkan, John De Vitis, 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
- 6) 国土技術政策総合研究所 HP: 橋梁を用いた車両重要計測システム, Bridge Weight・in・Motion System  
<http://www.nilim.go.jp/japanese/technical/bwim/BWIM.html>