

# インフラのモニタリングシステム開発 とリクワイアメント

金澤文彦



## 1. はじめに

「事後保全」から「予防保全」に転換を図るべく、橋梁、トンネル等については、道路法一部改正等に基づき、平成26年度から道路管理者に5年に一度の近接目視点検が義務付けられ今年で4年目を迎えている。点検、診断、措置、記録というメンテナンスサイクルを確立することが求められているが、地方公共団体における点検・診断実務を行う専門技術者の不足、財源不足など様々な課題が明らかになってきた<sup>1)</sup>。

また、インフラメンテナンスの重要性に対する認識の高まりを背景に、産学官の戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)<sup>2)</sup>を始めとした研究開発プロジェクトにおいて、メンテナンスに関連する様々なシステムが開発されている。

一般的にシステム開発には、シーズ先行とニーズ先行の二通りの開発手法がある。シーズ先行の場合は、開発が成功しても製品化の際にマーケットの存在や受容性の欠如により製品化、事業化を断念する例がよくある。インフラメンテナンスにおいては、ユーザが明確であることからニーズ先行による開発の方が現場での適用、普及のために望ましいと考える。最近のシステム開発においては、シーズ先行で成果を急ぐあまりに開発に対するユーザからのリクワイアメント(ユーザからシステム開発者に対する要求事項)の具体化が後回しになっているように思われる。

そこで、本稿では橋梁のモニタリングシステム(点検・診断を補助し、補修・補強効果を確認するシステム)を例にして、その研究開発・運用動向とモニタリングシステム開発のリクワイアメントについて考えてみたい。

## 2. 研究開発・運用動向

インフラのモニタリングは、国際的にも関心の高い分野で、「構造ヘルスマニタリング」(SHM:

Structural Health Monitoring)」という土木、航空、自動車、建物などの横断的な分野として確立している<sup>3)</sup>。

米国においては、ミネソタ州I-35W橋の崩壊など検査直後に事故が発生する事案もあり、米国交通省連邦道路局(FHWA)が、2006会計年度から、「長期橋梁性能プログラム(LTBPP)」を発足させた<sup>4)</sup>。詳細検査、モニタリング、廃棄時調査を柱に、データを系統的に管理し、実態に基づいた定量的な性能指標の確立と予測モデルの画期的な向上、設計・施工へのフィードバックを目的として研究開発を実施している。また、欧州のオーストリアでは、2012年に、オーストリア交通技術研究機構が道路管理者等へ建設時、定期点検時においてモニタリングシステムを補助的な検査手段として導入を可能とする通達を発出した<sup>5)</sup>。維持管理におけるモニタリングの役割や目的、関連する基礎知識を記述したもので、施工時の計測データの収集、供用時の状態変化の監視、耐荷性能の低下の早期検知、外的目視ができない構造部位の監視などを目的に運用を開始している。なお、構造物の状態把握の総合評価にあたっては、経験豊富な専門家の判断が不可欠とされている。

一方で国内では、SIPの課題「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」では、世界最先端の情報技術やロボット技術を活用した点検・モニタリング・診断技術の研究開発など<sup>71)</sup>の研究開発テーマ(平成29年3月時点)が本格的な実用化を目指して産学官で強力に進められている。

前述のとおり海外では、既に実務でモニタリングシステムの活用が始められ構造物の状態把握・評価や予測などに計測データが利用される例もあるが、日本ではまだ研究段階のものも多く先例の取り組みは研究方法や実務での活用・展開方法などを検討するうえで参考になると考える。

## 3. リクワイアメントの考察

新たなシステムが有効に機能し普及するためには、現状のメンテナンス業務について現場レベル

土木研究所構造物メンテナンス研究センター橋梁構造研究グループ長

で業務分析を行い、将来のあるべき業務の姿を明らかにして、新たなシステムを用いる業務改善内容をユーザとして意思決定したうえで、システム開発者にリクワイアメントを明確に示すことが必要と考える。

以下に、道路管理業務での活用場面を想定し、各課題から、モニタリングシステムのリクワイアメントにつながる事柄について考える。

点検においては、5年に1度の近接目視による全数監視により、不具合発生の兆候や急激に進展する損傷を見落とすリスクを減らすことが可能になる。また、橋を構成する部材を細かく範囲を区分して記録することにより、橋を構成する部位ごとの劣化傾向の相違をデータ収集し、科学的な劣化予測に繋げることが可能となる。しかし、重大な損傷が隠れた局部や不可視部分に宿ることがあり、これを見つけ出す手段が必要とされている。また、設計や施工段階に瑕疵があった場合には想定されない劣化性状となり点検のなかで劣化や危険性の兆候を発見することは困難である<sup>6)</sup>。全数調査で発見することは非効率となるので、橋梁形式、設置年代、損傷しやすい部位や計測データなどをもとにリスクの高い橋梁、部位を効率的に抽出することが必要である。

診断においては、その前の点検で変状（腐食、亀裂、破断、ひびわれなど）や基礎データなど診断に必要な情報を漏れなく収集し、変状・損傷の要因、損傷の進行度合い、構造安全性や対策の切迫性など、損傷の種類と原因を論理的な思考で特定する必要があり、経験と豊富な知識に裏付けられた判断能力が不可欠である。点検結果を受けて損傷の種類と原因を見極め、適切な補修・補強、規制などの措置方針を示すことができる診断技術者の育成が課題である<sup>7)</sup>など。また、人材育成・確保とともに点検内容の定量化、計測データの評価等による判断支援が必要である。

措置においては、診断方針のとおり補修補強を行っても、補修材料の劣化などにより、早期に再補修、撤去・再構築を行った例もあり、環境条件、補修補強効果を評価するため継続的にデータを蓄積し、残留強度の評価やこれをもとに補修補強設計方法に反映を図る必要もある。

修繕計画の策定においては、個々の橋について劣化予測、補修時期・方法を検討する必要がある。

橋梁形式、形状、交通条件、環境条件などにより劣化要因は複雑、複合的であり、劣化予測の精度向上のため、個々の劣化メカニズムの解明、長期挙動観測によるデータ蓄積により解明する必要がある。

こうした管理業務の高度化を図るために必要とする事柄についてモニタリングシステムが補助的な手段となるよう、開発のリクワイアメントを明確にする必要がある。機能の陳腐化による架け替え等を除けば、通常の維持管理を経て老朽化等による架け替え前には危機管理に移行することから、管理段階に応じてリクワイアメントは異なっている。このため構造物の損傷メカニズムを明らかにし、損傷状態や変状速度に応じてモニタリングの計測項目・精度やインターバルなどを示す必要があると考える。また、得られたデータの処理・判断方法についても明らかにする必要がある。

#### 4. おわりに

例えばモニタリングシステム技術研究組合（RAIMS：2014年に土木研究所など官民14者で設立<sup>8)</sup>）の活動においては、道路管理者のニーズをもとに橋梁の健全度に応じて、着目すべき劣化現象と、それを捉えることができるモニタリング技術をマッピングして、システム開発に係る現場からのリクワイアメントを具体化し開発を進めている。今後は、こうした道路管理者、橋梁研究者・専門技術者、システム開発者等が連携して実務での検証等を通じ、開発内容、活用・展開方法等を検討していくことが重要である。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省：社会資本整備審議会道路分科会第61回基本政策部会配布資料、資料2、持続可能なメンテナンスの実現、2017.4.14
- 2) 内閣府：インフラ維持管理・更新・マネジメント技術 プロジェクト紹介－開発技術の概要－
- 3) 藤野陽三：インフラストラクチャのヘルスマニタリング、JACIC情報97号、pp.5～14、2010
- 4) 土木学会：センシング情報社会基盤、2015.3.25
- 5) 中山等、阿部雅人：オーストリアにおける橋梁その他構造物のモニタリングに関する通達、橋梁と基礎、2016.10
- 6) 的場純一、畠中真一、藤野陽三、阿部雅人：センサを活用したインフラモニタリング技術の開発の方向性について、JICE REPORT Vol.15/09.07
- 7) 西川和廣：道路橋の診断をしていて気がついたこと、土木構造・材料論文集、第32号、2016.12
- 8) RAIMS HP：http://raims.or.jp/