

社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発

山口達也* 塚原隆夫** 鈴木 敦***

1. はじめに

産業活動の基盤として大きな役割を果たしている社会資本は、高度経済成長期などに集中的に整備されており、建設後50年以上経過する社会資本の割合は今後急激に増加する。この社会資本の高齢化に伴い、社会生活に大きな影響を与えるような事故や災害、維持管理・更新費の急増が懸念されている。そのため、施設の状態を定期的に点検・診断し、致命的欠陥が発現する前に対策を講じることにより、事故や災害を未然に防ぎ、施設の長寿命化により長期的に見た場合のトータルコスト（ライフサイクルコスト）の削減を図る「予防保全」の考えに立った戦略的維持管理が重要となる。

本報は、国交省総合技術開発プロジェクト¹⁾の1つとして、平成22年度から平成24年度の3箇年で実施した「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発」²⁾の研究成果概要を示すものである。

2. 技術開発の方向性

本プロジェクトでは、図-1に示すような予防保全管理を構成する「点検」、「健全度評価」、「劣化予測」、「補修補強」の4つのフェーズのうち、そのサイクルの最初の段階にあり、先行して技術開発することが効果的で、かつ様々な施設種別を横断して適用することが可能な「点検」に着目した。

これまで、目視可能な部位を主体とした目視点検では、損傷が相当進行し表面上に現れてから把握され、構造物の狭隘部、高所、閉所等では、空間的制約により調査日数や点検費用が嵩む等の理由から、適切な頻度・方法での検査が実施されないケースも見られている。一方、堤防等の土構造物の弱点部は、主に表面からの目視点検により把握され、擁壁等の構造物の突発的な変状は、主に

定期的なパトロールや通行者からの通報等により把握されている。

このような現状を踏まえ、これまでの「見えるところを見る」から「診るべきところを診る」へ、点検手法を転換することを目指し、国土技術政策総合研究所（5研究部，1研究センター）が主体となり技術開発に取り組んだ。

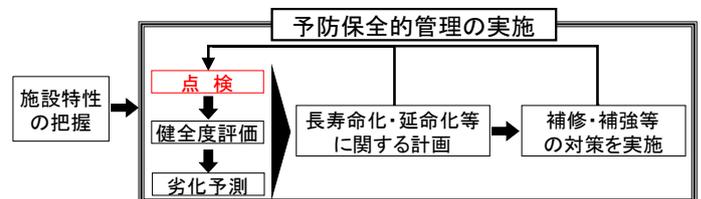


図-1 予防保全的管理の基本的な考え方

3. 研究開発対象とした点検・監視技術

本プロジェクトでは、産業分野での基本技術の開発は進められているものの社会資本施設への応用は進んでいない非破壊検査等について、民間の技術開発の促進を図ることも視野に入れながら、点検・監視技術の開発を行った。研究開発対象とした点検・監視技術の概要を以下に示す。

3.1 構造物の目視困難な部位の点検・診断技術

非破壊検査技術や遠隔検査技術等を用いて、土木・建築構造物における鋼材等のコンクリートへの埋込部、部材が複雑に組み合わされた狭隘部、高所の外壁面等の目視困難な部位の点検・診断技術と、人が直接近寄れない管路内部、建築物床下等の目視困難な部位の点検・診断技術を開発することを目的とした。

3.2 目視では評価が困難な構造物の変状の点検・監視技術

赤外線サーモセンサーを活用し、現状では検知が不確実であった河川堤防のり面の湿潤部を迅速・簡便に把握する点検・監視技術、およびデジタル画像処理等により構造物の変位を高精度に検出する技術を応用して、橋梁等構造物の突発的、致命的変状を迅速・簡便に把握する点検・監視技術を開発することを目的とした。

4. 研究成果

研究成果の概要を以下に示す。

4.1 構造物の目視困難な部位の点検・診断技術の開発

4.1.1 非破壊検査による埋込部・遮蔽部の点検・診断技術

直接目視では確認できないコンクリートで埋め込まれた部分の鋼材で発生する腐食を、早期に検出することが可能な技術開発が求められている。そこで、産業分野で既に利用されている技術（渦流探傷、超音波フェーズドアレイ等）を社会基盤施設の点検・診断技術に応用し、非破壊検査機器の開発・改良およびデータ処理方法等を検討することにより、鋼部材やアンカーボルト等のコンクリート埋込部や遮蔽部の腐食損傷を中心とした鋼材の損傷検出手法を開発した。これにより、近接目視点検では確認できなかったコンクリート埋込部の表面近傍における鋼材損傷の検知や、鋼板裏面における腐食損傷範囲、残存板厚等の詳細な把握が可能となる。

一方、電磁石とエアシリンダを用いたシンプルな動作システムにより、これまで困難とされていた箱桁内部や狭隘部に進入可能な構造物内視装置（プロトタイプ）を開発した（図-2）。本装置の主な特徴は、以下に示すとおりである。

- ① 直径22mmのボルト穴から進入可能
- ② 白色LED照明を搭載し、外部から光が届かない箇所の点検が容易
- ③ 市販のCCDカメラを装着し、静止画像・動画の撮影が可能
- ④ ワイヤレス光センサ（レーザーマウス）を装備し、位置をリアルタイムで把握することが可能
- ⑤ 比較的安価な材料費用で製作可能

この技術開発は、建設システム課が担当した。

4.1.2 外壁面の遠隔診断を目的とした壁面走行型外壁診断装置

建築基準法第12条の定期報告制度の改正により、平成20年4月から竣工後10年もしくは大規模改修工事から10年を経過した特定建築物については全面打診等による外壁調査が義務づけられた。しかしながら、外壁全面の打診調査にあたっては足場が必要となることがほとんどであり、それに

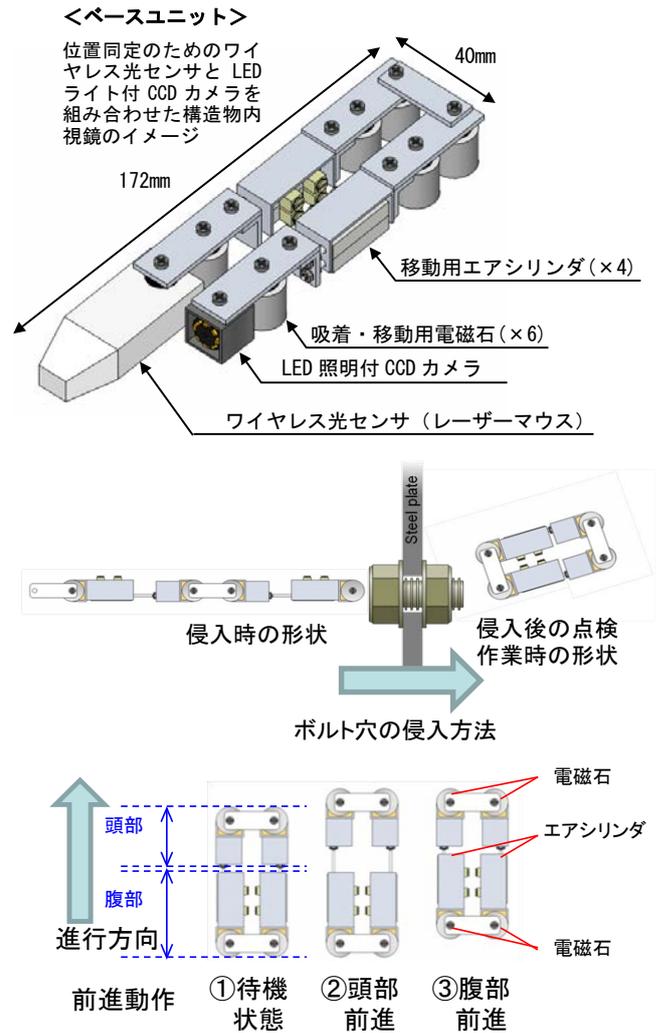


図-2 構造物内視装置（プロトタイプ）のイメージ



写真-1 壁面走行型外壁診断装置（プロトタイプ）

かかる費用が高額になることも影響して、調査診断の実施率は低い状況となっている。

このような実態を踏まえ、装置自体が壁面を自走し、所定の位置で打音検査する壁面走行型外壁診断装置（プロトタイプ）を試作した（写真-1）。同装置は、鉛直方向に3つの脚を持ち、上下の脚と真ん中の脚を交互に動かしながら壁面を歩行する壁面移動装置と、打音法をベースとしてタイル外壁の浮き等を診断する探査装置を組み合わせたものである。また、建築基準法第12条の定期検査報告等を対象に、同装置等の使用を想定した外壁診断方法の試案の策定を行った。

この技術開発は、建築品質研究官、構造基準研究室及び住宅ストック高度化研究室が担当した。

4.1.3 老朽化した管路調査のスクリーニング手法

下水道管きよの年間調査率は、総延長の1%と低調な数字になっており、管きよのより効率的な調査手法が求められている。そこで、管きよの致命的損傷の発生を未然に防ぐ予防保全のための維持管理の推進に向けて、管口カメラを活用した下水道管きよ調査のスクリーニング手法の開発を行った。

管口カメラとは、伸縮可能な操作棒の先にカメラとライトを付けた調査機器である（写真-2）。マンホールに挿入することで、調査者が地上にしながらズーム機能を使って下水道管きよ内を点検・調査するものであり、既存の詳細調査（TVカメラ調査）に比べ安価で、短期間に多くの管きよを調査することが可能となる。老朽管路の劣化状況を再現した模型実験装置による管口カメラの性能確認実験により管口カメラの視認範囲を把握するとともに、実際の詳細調査データに基づき、管きよ内に発生した不具合の傾向を明らかにし、どの程度、管口カメラで確認可能か評価した。これらの結果をもとに、図-3に示すような既存の詳細調査（TVカメラ調査）と管口カメラ調査を組み合わせたスクリーニング手法のあり方について検討し、調査精度、日進量および費用等の観点から、より効率的な診断手順としてとりまとめた。

この技術開発は、下水道研究室が担当した。

4.1.4 木造建築物床下部材の劣化診断手法

狭隘かつ暗所である床下有効高さが30cm程度確保された木造住宅に適用可能で、床下の構造躯体の画像撮影、触診検査、含水率測定および腐朽



写真-2 管口カメラ（写真左）および使用状況

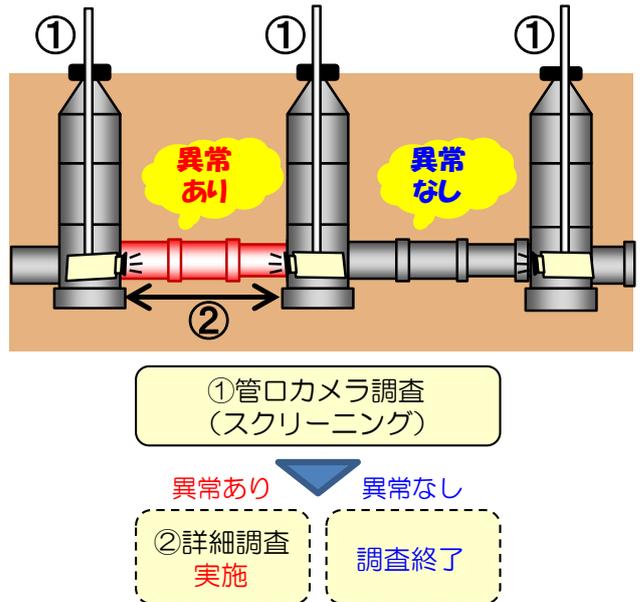


図-3 不具合管きよ調査における管口カメラを用いたスクリーニングのイメージ



写真-3 木造建築物の予防保全的管理のための床下劣化診断装置（遠隔操作回転機能付き）

の疑いがある箇所については菌糸または子実体のサンプル採取が行える劣化診断装置（プロトタイプ）を開発した（写真-3）。これにより、人が侵入できない狭隘な床下に対する予防保全的維持管理や、既存住宅の性能評価を目的とした劣化診断の効率が向上する。

この技術開発は、評価システム研究室が担当した。

4.2 目視では評価が困難な構造物の変状の点検・監視技術の開発

4.2.1 赤外線を活用した漏水部の点検・診断技術

実際の河川堤防のり面の湿潤部を対象とした赤外線熱画像の取得等を行い、想定される以下の課題について検討した。

- ① 堤防のり面湿潤部に熱画像から判別できる温度差が現れるか
- ② 堤防のり面の植生被度・草丈の影響
- ③ 堤防のり面の土質の不均質さの影響
- ④ 検知可能な時間帯
- ⑤ 遠距離等の効率的な調査手法

その結果、植生被覆のない裸地であれば、温度差による湿潤部の検出が可能であることを確認した。

この技術開発は、河川研究室が担当した。

4.2.2 位置計測による構造物の監視・変状探知手法

橋梁等道路構造物の突発的・致命的変状を迅速・簡便に把握するための位置計測情報技術(GPS, 画像処理等)を活用した監視・変状探知技術(図-4)に必要な要求性能を明らかにするとともに、異常を抽出し認識するシステムアルゴリズムを開発し、検証実験を行った。

この技術開発は、道路構造物管理研究室が担当した。

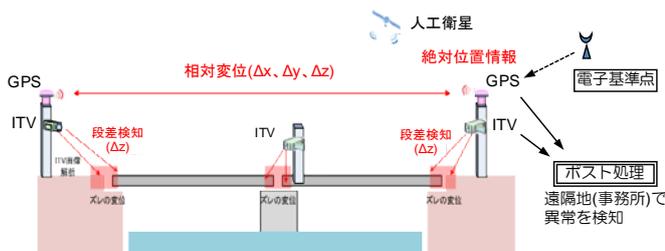


図-4 位置計測による構造物の監視・変状探知手法のイメージ

5. まとめ

本報では、国交省総合技術開発プロジェクトの1つとして実施した「社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発」の研究結果概要を示した。

これらの技術開発により、予防保全の考え方に基づく適切な維持管理が推進され、国民生活や経済社会活動に甚大な影響を与える社会資本の致命的な損傷の回避、長寿命化、コスト縮減の進展が期待される。

謝 辞

本プロジェクトの実施にあたっては、先端的な要素技術は大学等の研究機関と連携し、計測装置の開発・製作は民間企業との共同研究等により、応用技術および評価技術の開発を実施した。さらに、それらの成果をより実用的な技術、手法とするため、学識経験者、専門研究機関、本省、地方公共団体、業界団体等の関係機関が参画する専門家会合を適宜開催し、研究開発に取り組んだ。

ここに、多大な協力をいただいた関係各位に、深く感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 国土交通省ホームページ：
<http://www.mlit.go.jp/tec/gijutu/kaihatu/soupro.html>
- 2) 左近裕之、駒田達広：社会資本の予防保全的管理のための点検・監視技術の開発 -平成22年度新規総合技術開発プロジェクトの取り組み-、建設マネジメント技術、第386号、pp.24~27、2010.7

山口達也*



国土交通省国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター建設システム課長
Tatsuya YAMAGUCHI

塚原隆夫**



国土交通省近畿地方整備局琵琶湖河川事務所長(前 国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター建設システム課長)
Takao TSUKAHARA

鈴木 敦***



国土交通省国土技術政策総合研究所総合技術政策研究センター建設システム課 研究官
Atsushi SUZUKI