

社会資本の管理技術の開発への 取り組み

こばやし わたる
国土技術政策総合研究所 情報研究官 **小林 亘**
「社会資本の管理技術の開発」プロジェクトメンバー

1. 老朽化する社会資本と頻発する災害

わが国の社会資本は高度経済成長期を中心に大量に整備・蓄積されてきた。これらは次々と老朽化を迎えており、それに伴う障害事例も発生している¹⁾。

一方、地理的にもともと災害の多いわが国であるが、ここ10年間に集中豪雨は著しく増加しており、過去30年で、1時間に50mm以上の降雨の回数は1.6倍、100mm以上では2.3倍になっている。また、阪神・淡路大震災、新潟県中越地震、福岡県西方沖地震、能登半島地震など、大規模地震発生切迫性が指摘されている地域以外にも大きな地震が発生している²⁾。

公共事業関係費の制約から、老朽化した社会資本を自動的に更新することは困難になっている。このため、平時・災害時における社会資本の状態を把握し、危険を回避し、社会的機能を十分に発揮させることが課題となっている。

2. 研究プロジェクト

このような課題に対して、平成17年度から19年度までの3カ年の計画で総合技術開発プロジェクト

の枠組みにより「社会資本の管理技術の開発」に取り組んでいる。このプロジェクトはICT（情報通信技術）を活用して、迅速、安全、安価に社会資本や自然の状態を把握しようとするものであり、国土技術政策総合研究所（以下「国総研」）6研究室と独立行政法人土木研究所（以下「独土研」）の5チームから構成されている。そして、構造物や自然現象に応じて把握すべき事象とそのためのセンサ技術、環境条件（水中、土中、構造物中など）に応じた通信技術、取得したデータの処理、情報の活用方法などの課題を分担して研究している。以下に、その取り組みを紹介する。

3. 地震後の鉄筋コンクリート橋脚の被災度（安全度）の把握

地震発生後には直ちに巡回目視点検を実施して道路の被害状況の収集が開始されるが、阪神・淡路大震災では、概略的な把握にも6～12時間程度を要し³⁾、道路利用者・防災関係機関からの膨大な問い合わせへの迅速な対応が非常に困難であった。一方で、地域の緊急輸送ネットワークをいち早く確保することは重要であり、特に隘路となる橋梁の被災状況を地震後直ちに把握することが必要となる。

このため、地震による橋梁の被災の有無・程度

を加速度センサを用いて把握する地震橋梁被災度判定システムとして鉄筋コンクリート橋脚を対象としたインテリジェントセンサの開発に取り組んでいる。センサを用いることで、一般的な目視点検に比べて、①夜間などの目視確認が困難な状況への対応、②定量的な状況把握、③データ伝送による迅速な状況把握、④点検員の危険回避、が可能となる。これにより、災害直後の二次災害の防止や早期の交通啓開が可能になるとともに、地震により被災した橋梁では、定量的な情報に基づく効率的な震後復旧計画を立案することが可能となる。図 1 は新潟県中越地震により被災した橋脚であり、このような場合に被災の程度を定量的に判定し、その結果に基づいて、通行の可否を迅速に判断することができる。



図 1 新潟県中越地震により被災した橋脚 (国道17号小千谷大橋)

橋脚の被災度 (安全度) は、加速度センサを搭載したインテリジェントセンサ (図 2) を鉄筋コンクリート橋脚の天端に取り付け、地震時における橋脚の応答加速度を計測し、これより求めた固有周期の変化から判定される。これらは、(独)土研の三次元大型振動台での基礎実験を経て、東北、九州の2カ所の実橋梁にプロトタイプ機を設置している。平成19年度はプロトタイプ機の設置の促進、プロトタイプ機による現地試験を通じた



図 2 橋脚の地震被災度判定センサ

運用マニュアルの整備を行う予定である。このテーマは国総研地震防災研究室、(独)土研耐震チームが担当している。

4. コンクリートダム内部状況の把握

ダム堤体の異常を把握するためさまざまな計測量があるが、中でも重要な漏水量や揚圧力などはダム堤体内の下部に位置する監査廊で収集される。例えば、震度4以上の地震が発生した際には、緊急点検により、地震前後の状態比較により異常の有無を把握することとなっており、監査廊に設置された漏水量センサなどからのデータが必要となる。このような状況でも危険を冒さずにダム外部からデータが取得できるよう、コンクリートを透過するための無線通信技術に取り組んでいる。

実際の複数のダムにおいて実験を行った結果では、十数mのコンクリートを透過してデータ伝送を行うことができた (図 3)。この技術を応用すれば、ダムに限らず、コンクリートで隔離された構造物の内外において、ケーブルの敷設が困難でもデータ伝送が可能となる。このテーマは国総研水資源研究室が担当している。

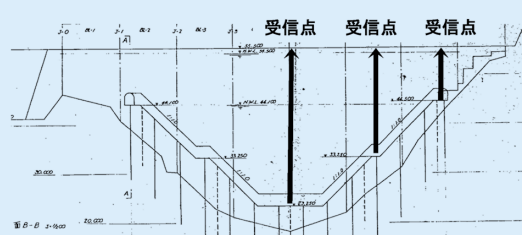


図 3 コンクリート透過通信実験例

5. 河川堤防・河川構造物の状況把握

(1) 河川堤防内の水位把握

洪水時において、堤体や堤体下の基盤面へ水が浸透することにより、堤体の変状や堤内地での噴砂が多く発生している。また、杭基礎にて支持さ

れている樋門などの下面に，堤体の沈下による空洞が発生し，洪水時の水みちとなる可能性がある。

このような異常を把握するため，水位の変動が大きくかつ乾湿を繰り返す個所である堤体内の水位を把握する技術に取り組んでいる。(独)土研の実物大規模の堤防模型を使用して，(財)国土技術研究センターならびに民間企業5グループとの共同研究により実験を行い，「堤体内水位観測マニュアル」策定の準備を進めている(図4)。このテーマは(独)土研土質チームが担当している。



図4 堤防模型による堤体内水位計測実験

(2) 河川構造物(護岸・樋門など)の変状検知
洪水時において，水衝部となる低水護岸の基礎部(根固め)が洗掘され，結果として護岸本体が崩壊する事例があるが，低水護岸が水中にある場合には，状態の確認は難しい。このため，水面下の護岸の基礎や根固め部などにセンサを取り付け，センサの流失や損壊を信号が途絶えたことで検知する技術に取り組んでいる。図5にそのイメージを示した。アドホック通信とは，センサ同士が相互に通信し，通信経路を選択する通信方法である。水中・土中における微弱電波の伝播特性の計測などの基礎実験を経て，試作機(図6)を製作し，実験水路での流出実験を行った。今後，センサの改良とともに現地での試験を行う予定である。このテーマは国総研河川研究室が担当

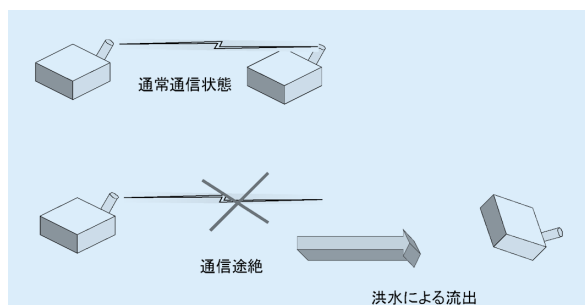


図5 アドホック通信による水中構造物の変状検知

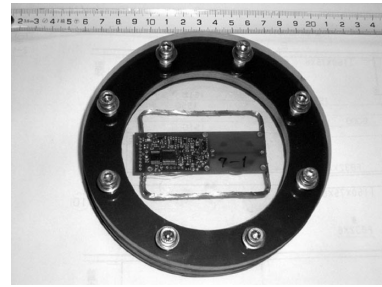


図6 試作した水中構造物用センサ

している。

6. 斜面の初期変動の検知

土砂災害の前兆を斜面の特性に応じて検知することは難しく，従来は過去の経験則に則り，降雨量をもとに警戒を行ってきた。ここでは，斜面の表面変位などの初期変動を，斜面特性に応じて的確に把握し，土砂災害の発生初期の変動を検知する技術の開発に取り組んでいる。

(1) 急傾斜法面・山腹斜面における斜面崩壊の検知

平均勾配がおおむね30度以上の急斜面に設置し，一定規模以上の崩壊を検知するセンサを目標としており，その開発のため，さまざまな検知技術を調査し実験により検証を行った(図7)。その結果，転倒検知方式(地上設置)，傾斜検知(地上設置・埋設)を用いた場合に，高速な崩壊(土塊の動き)を迅速に検知することが可能であった。現在，実用化に向けて必要な改良を行っている。このテーマは(独)土研火山・土石流チームが担当している。

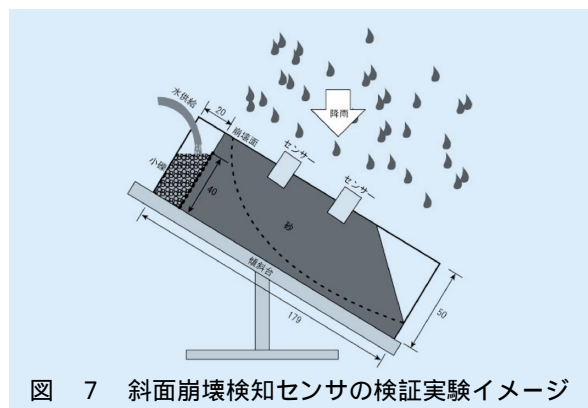


図7 斜面崩壊検知センサの検証実験イメージ

(2) 斜面の表層崩壊の検知

表層崩壊は崩壊開始から終了までが数時間であり、また、変動量も小さく、崩壊前に地すべりのような亀裂を確認することは困難である。このため、斜面全体を長期に把握することにより、崩壊の場所と規模を予測する必要がある。落雷の影響を受けない光ファイバを用いた検知システム（偏波変動方式、改良型MDM方式）を用いて検知精度向上などに取り組んでいる（図8）。さらに導入コストを縮減するため、容易に入手できる材料を使って簡便に設置する方法にも取り組んでおり、現地での実験を行っている。このテーマは（独）土研土質チームが担当している。

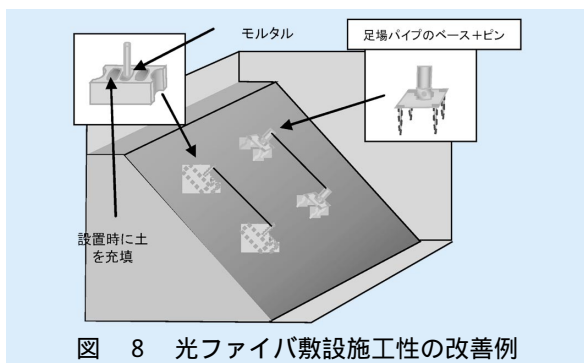


図 8 光ファイバ敷設施工性の改善例

(3) 地すべりの検知

広い範囲の地すべりの発生位置を容易に低コストで検知する技術に取り組んでいる。長さ10kmの光ファイバ線の任意個所に10カ所の検知部分を配置し、的確に地すべりの発生を検知するための変位検出装置を試作し、現地実験を行っている。このテーマは（独）土研地すべりチームが担当している。

7. 鋼構造物の損傷・変状進行度の計測

鋼構造物の腐食や疲労亀裂は、部位によっては目視での発見が難しく、発見後にも恒久対策実施まで監視を続けなければならない。ここでは道路照明柱を鋼構造物のケーススタディとして取り上げ、腐食、損傷の計測技術の開発に取り組んでいる。現在、振動計測（加速度センサ）と超音波探傷を用いて実験を行い、道路下に埋設されている

基礎部分の変状を掘削作業なしに把握する技術の検証を行っている。このテーマは（独）土研橋梁チームが担当している。

8. 点検・診断などの維持管理への要求条件の整理

センサなど管理技術の高度化への期待は大きいですが、徒に高性能を目指すのではなく、投資効果、実現性、管理実務のリスク低減や経済性改善などの効果を見極め、合理的な開発と現場への普及をすることが重要である。そこで、道路橋を例として開発技術に期待する性能水準をその導入効果の観点から具体的に評価して要求性能として提示する取り組みを国総研道路構造物管理研究室が担当している。

9. 社会資本管理情報の統合化

以上述べた損傷・変状の検知・計測結果を迅速に、効果的に利用するには、①データの管理機関への伝送、②情報処理、③オフィス・現場でのデータ利用、が必要となる。

データを管理機関へ伝送する技術は、無線（テレメータなど）や有線（光ファイバなど）による水位計データや道路気象観測データの伝送で多くの実績があるため、それらを適切に利用することで対応できる。

プロジェクトで開発した新たなセンサシステムのデータ利用には、利用者がシステムの存在と利用方法を知っていることが必要となる。しかし、多様な業務を遂行する職員などの関係者が、すべてのシステムを常に把握しておくことは困難といえる。このため「情報の「見える化（可視化）」により、情報資源を簡単に利用できるようにしたいと考え、ここでは、情報の空間（場所）との結び付きに着目して、GIS（地理情報システム）上に各種の情報の統合化を試みた。それを「社会資本管理共通プラットフォーム」と呼んでいる（図9）。

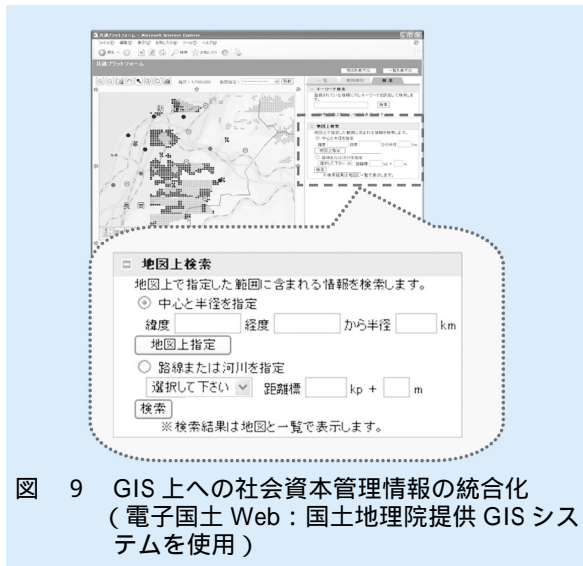


図 9 GIS 上への社会資本管理情報の統合化 (電子国土 Web：国土地理院提供 GIS システムを使用)

重要なことは、複数の情報資源を重ね合わせることで、実世界の状況をより正しく認識し、より適切な行動が可能になることである。そのため、広い分野で異なる時期にさまざまな目的で構築された複数のシステムや情報資源から横断的に情報を取得する技術に取り組んでいる。

現場・現地で実際に対象を確認しながら電子データを利用するには、端末機器（ブラウザフォン：一般的となったインターネット接続可能な携帯電話）や操作環境（屋外での立った状態での利用）などの制約がある。このため、施設や場所に電子コード（ucode）をくくりつけて、それを情報資源への入り口として使うことで関連する情報を取得することを試みている。このテーマは国総研情報基盤研究室が担当している。

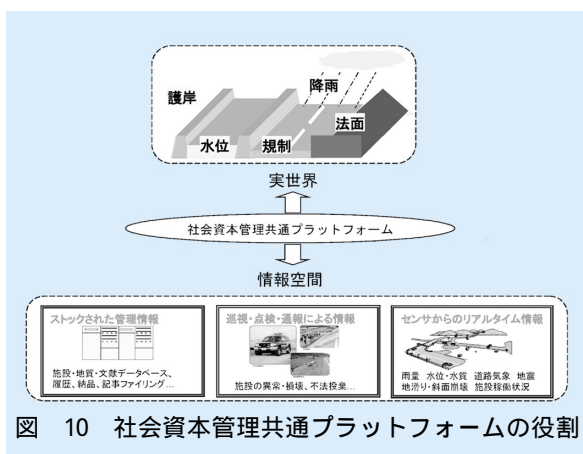


図 10 社会資本管理共通プラットフォームの役割

10. 情報の市民の避難への活用

一般市民が災害時の避難行動に情報を有効に利用できるよう、土砂災害を事例にして、サイバネティックモデル等を用いた、情報と市民の避難行動の関係分析を行い、情報提供の改善に取り組んでいる。このテーマは国総研砂防研究室が担当している。

11. 成果の活用

この総合技術開発プロジェクトの成果を広く活用していただくために、実用化段階のものは機器などの仕様、設置・運用などのガイドラインやマニュアル、ソフトウェアなどを公開し、行政組織による現場での導入、そして、民間企業による優れた機器（安価，長寿命，計測性能向上など）の開発を促したいと考えている。

また、本研究で取り組んだ先進的な要素技術は、他のさまざまな分野でも役立つ可能性があると考えている。例を挙げると、鉄筋コンクリート橋脚の被災度判定技術を鋼製橋脚，他の鉄筋コンクリート構造物へ適用することや，河川構造物用の水中アドホック通信技術を橋脚や港湾へ適用すること，コンクリートダム透過通信技術をトンネルや共同溝などへ適用すること，道路照明柱の変状・損傷進行度把握技術を他の鋼構造物へ適用することなどである。

このため、今後インターネット上のデモサイトの構築等により成果の周知を進めてまいりたい。

【参考文献】

- 1) 国土交通省：平成17年度国土交通白書 第3章第8節，pp 67 78，2004年10月
- 2) 内閣府：平成19年度防災白書 第1部災害の状況と対策，<http://www.bousai.go.jp/hakusho/h19haku-syo.pdf>，2007年6月
- 3) 道路防災研究会：新時代を迎える地震対策，1996年10月