

総合技術開発プロジェクト

社会資本の管理技術の開発

国土技術政策総合研究所 河川研究部 道路研究部

高度情報化研究センター 危機管理研究センター

(独) 土木研究所 土砂管理研究 G 料地盤研究 G 橋梁構造研究 G

1. 背景

地震、土砂災害、水害をはじめとする自然災害に対する安全性の向上への社会的要請は、近年ますます高まってきている。また、戦後の我が国の高度経済成長を支えた河川、道路等の社会資本は、今後、本格的な維持・更新の時期を迎えようとしているところであり、老朽化への対応が喫緊の課題となっている。

2. 目的

本プロジェクトでは、Ⅰ．自然災害への迅速な対応、住民等の円滑な避難の支援による二次災害の防止、早期復旧による損失の低減、Ⅱ．予防保全による維持管理による劣化防止、コスト縮減、サービス水準の向上、を目標として次の4課題に対する技術開発を行うため、国土交通省総合技術開発プロジェクト「社会資本の管理技術の開発」を平成17年度から平成19年度までの3年間にわたって、独立行政法人土木研究所及び国土交通省関係部局と連携して技術開発を実施した。

- ・大規模地震発生直後に橋梁の被災度を迅速に把握する技術
- ・土砂災害の初期の変動を検知する技術
- ・構造物の損傷・変状の進行度を計測する技術
- ・現場で即時に情報取得を可能とする技術

3. 課題と成果

3.1 大規模地震発生直後に橋梁の被災度を迅速に把握する技術

地震時における所管施設の緊急巡回点検では、目視により状況の点検・確認を行っている。このため、施設状況の把握に多大な時間を要するとともに夜間などの施設点検では、正確な状況把握が困難となっている。

本研究では、早期の交通啓開や2次災害による危険回避を目的として、橋梁（橋脚）の震後点検を迅速化するとともに目視点検によらない定量的な状況把握を可能とする地震時橋梁モニタリング技術の開発を行った。

具体的には、図-1 に示すように橋脚の天端に取り付けた加速度センサからの固有周期の変化に基づき橋脚の被災度を判定するシステムを構築した。また、加速度センサ・マイコンボード・通信装置などを搭載したインテリジェントセンサを製作するとともに実橋梁における試験設置を通じ、実環境での運用を考慮した耐候性の向上を図った。

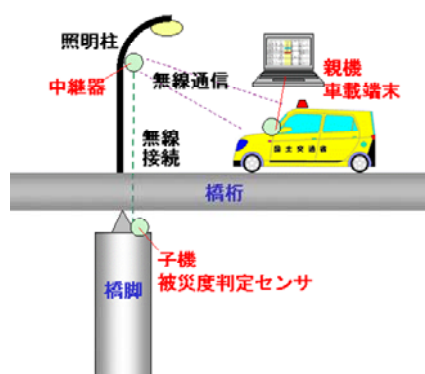


図-1 橋脚の被災度判定システム

3. 2 土砂災害の初期の変動を検知する技術

① 新型センサによる斜面崩壊の発生検知

土砂災害の前兆を検知することは難しく、多くの費用と労力を必要とする。そこで、従来は過去の降雨量をもとに警戒避難を行ってきたが、切迫性がわかりにくいという問題がある。本研究では、斜面崩壊を検知することに目的を限定し、安価かつ長期間メンテナンスなしで、急斜面において容易に設置可能な斜面崩壊検知センサを開発した（図-2）。

② 光ファイバによる斜面崩壊の監視（道路のり面）

表層崩壊は崩壊開始から終了まで数時間を要し、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とから、本研究では、ポイント型センサを用いて低コストで斜面全体を長期的に計測するため、センサの接続に滑車機構を活用して、カーボンケーブルにてV字型に接続し、一つの移動箇所を複数のセンサに伝達することにより移動方向まで観測できる手法並びに工法を開発した（図-3）。また、カーボンケーブルの敷設に当たり、工事用足場台座及びピンによる設置方法を考案した。

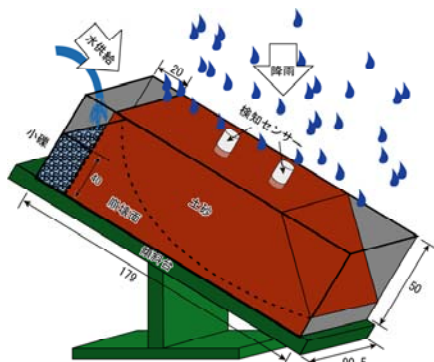


図-2 斜面崩壊検知センサの検証実験

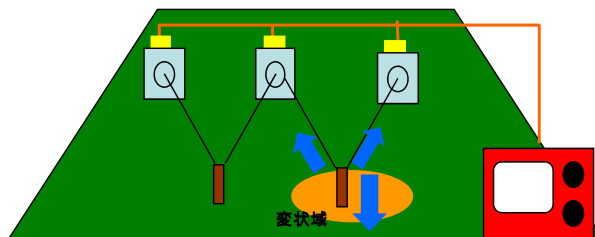


図-3 滑車機構を活用した多点計測手法

③ 新型光ファイバセンサによる地すべりの発生検知

広い範囲での地すべり密集地域において低コストで簡易に監視システムを整備するため、複数の地すべりを一括して効率的に監視できる計測手法を開発した（図-4）。本手法は OTDR

により検知するもので、屋外試験により光ファイバの路線長約 15km の範囲において 1km 間隔に設置したセンサ 10 箇所の際のいずれの箇所においても変位を検知できることを確認した。

④ 土砂災害情報提供の高度化に関する調査

開発されたセンサによる情報を、どのように住民に伝えれば効果的か、シミュレーションすることを目的として、外部情報のインプットに対する住民のレスポンスを関係づけるモデル（サイバネティックモデル（図-5）と称する）を作成し、平成 19 年度に発生した土砂災害を対象としてその適用性について検証を行った。その結果、モデルの妥当性については確認ができたものの、実用化に向けては、モデルを構成する要素、例えば外部情報の得点化などについてさらに検討を要することが確認された。

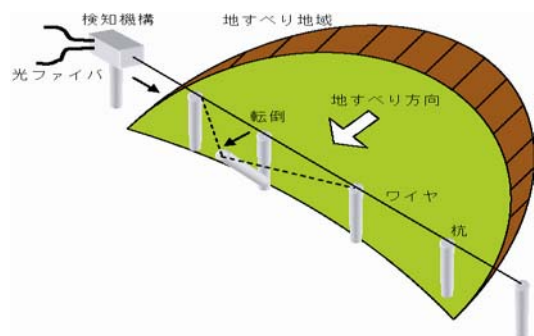


図-4 地すべり検知イメージ

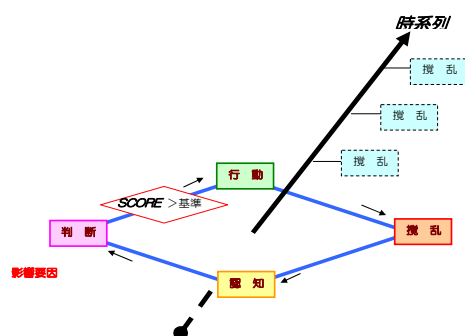


図-5 サイバネティックモデル

3. 3 構造物の損傷・変状の進行度を計測する技術

① 河川構造物変状検知に関する研究

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、微弱電波による水中・土中アドホック通信を活用した護岸や護床工等の河川構造物の流出を検知するためのセンサを開発した（図-6）。開発に当たっては、水路及び現河川でモニタリング試験を行い、本センサの性能を確認するとともにセンサの満たすべき仕様（電波の周波数やアンテナの形状等）を明らかにした。

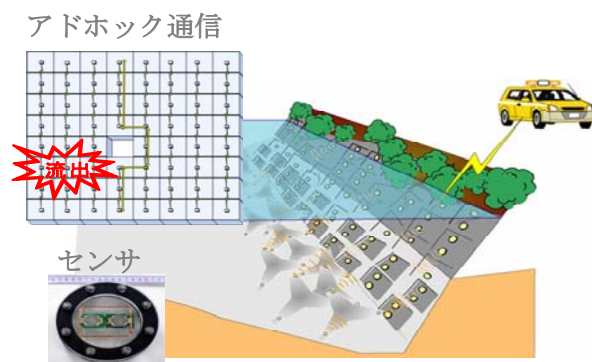


図-6 護岸流出検知イメージ



図-7 堤体内水位観測マニュアル(案)

② 堰堤変状検知に関する研究

河川堤防の変状誘因の一つとして、堤体内水位の上昇が挙げられることから堤体内水位の状況を適切に把握するため、河川堤防の特性に対応した観測システム、並びに観測機器の設置位置等を含む観測方法について、主に模型堤防を用いた長期観測により検討した。河川の現場における一定水準以上の精度を確保した堤体内水位観測の実施を支援するため、検討結果を「河川堤防における堤体内水位観測マニュアル(案)」(図-7)として取りまとめた。

③ ダム堤体の変状情報取得に関する研究

ダム堤体の異常を把握するため様々な計測を実施しているが、中でも重要な漏水量や揚圧力及び変形量などはダム堤体内の下部に位置する監査廊で計測される。地震発生時には臨時点検により地震前後の計測値の比較等により異常の有無を把握することになっている。この監査廊で計測している漏水量データ等を効率的に把握できるよう、ダム天端において計測データの取得が可能な無線通信技術の重力式コンクリートダムへの適用性について検討した。

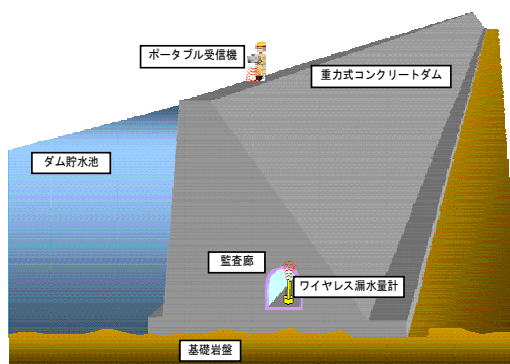


図-8 ワイヤレス漏水量計

複数のダムにおいて実験を行い、数十メートルのコンクリートを透過してデータ伝送が可能であることを確認した(図-8)。

④ 道路構造物の損傷・変状進行度を計測する技術に関する研究

道路橋の管理実態と技術開発状況を調査した結果から、維持管理の合理化・高度化のために技術開発が期待される分野と方向性の考え方を整理した(図-9)。また、既存の技術の延長で、道路構造物の損傷・変状進行度をより合理的に計測できる具体のプロトタイプ技術の提案として、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、基部のコンクリート埋設部を対象として点検により適用可能と想定される非破壊検査技術を用いた場合の腐食欠損の検知への適用可能性を検証した(図-10)。

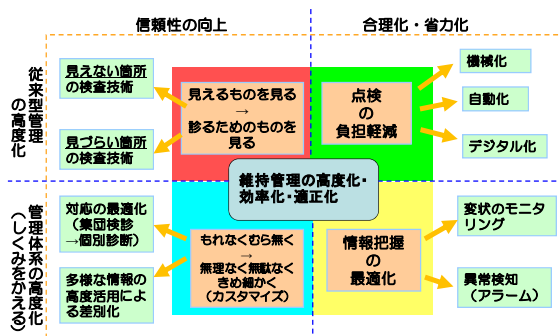


図-9 維持管理のニーズ整理



図-10 道路照明柱の腐食欠損検知

3. 4 現場で即時に情報取得を可能とする技術

社会資本の管理には、完成図書や日々の点検報告書、3. 1～3. 3で開発した検知・計測技術による損傷・変状等の検知計測結果などをはじめとした、時々刻々と変化するセンサ値など様々な情報が必要とされる。それらを統一的に可視化し、さらに詳細な情報を把握したい場合には情報源へのアクセスを可能にすることが必要であると考え、情報メタデータを空間と時間とをキーにしてRSSベースで統一的に扱う「空間情報連携仕様」を作成し、その効果を実証するための仕組みとして、電子地図と電子掲示板に情報の集約・可視化を行う「空間情報連携共通プラットフォーム」を製作した(図-11)。

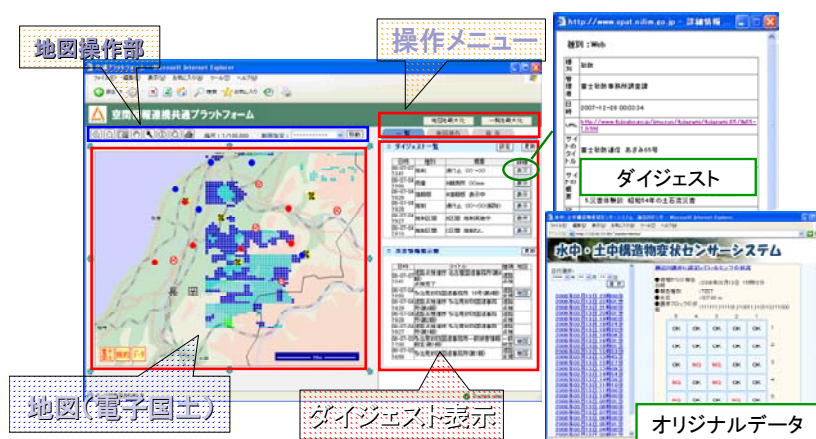


図-11 空間情報連携共通プラットフォーム

4. 今後の普及・活用方策等

本プロジェクトの成果を広く活用し普及させるため、実用化段階のものは機器等の仕様、設置・運用等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製品(安価、長寿命、計測性能向上など)の開発を促す。

また、本研究で取り組んだ先進的な要素技術は、他の様々な分野でも役立つ可能性があり、学会等において積極的に発表し、利活用を図る。

謝辞

本技術開発プロジェクトの推進にあたって設置された検討会において、以下の学識経験者の委員の皆様から多大なる御助言を受けました。ここに記して謝意を表します。

河原能久座長(広島大学大学院教授)、堀宗朗委員(東京大学大学院教授)、小野潔委員(東京工業大学大学院准教授)、古川浩委員(九州大学大学院准教授)、山田孝委員(北海道大学大学院准教授)

付記

本技術開発プロジェクトの内容や技術開発成果等は、下記のウェブサイトにおいて公開している。

<http://www.nilim.go.jp/portal/>