

コンクリート構造物の維持管理と施工管理の 改善のための遠隔モニタリングの適用

長崎大学大学院生産科学研究科
吉村 徹

橋梁等の社会基盤構造物の計測では、現場で集録したデータを事務所等に持ち帰り分析・保管するオフライン処理が一般的であるが、計測期間が中・長期にわたる施工や維持管理においては、データ集録のたびに実施者が何度も現場に赴く必要がある。施工時から供用開始後の維持管理期にわたって計測業務を効率よく行うためには、データの集録と管理の合理化ならびに省力化を実現する技術開発が必要である。

本研究の目的は、現場計測に特化した可搬型計測システムの開発と、ネットワーク・通信技術により遠隔計測を実現することによって、構造物の施工や維持管理における従来業務からの革新を図ることである。

本研究では、まず、橋の振動を的確に把握するために、高精度の構造同定を実現する可搬型振動計測システムを開発した。システムでは、構造同定の一連の処理を仮想計測器ソフトウェアを用いてプログラミング化し、視覚的な画面構成と高速な振動特性推定を実現した。開発したシステムをPC斜張橋のケーブル振動計測に適用し、構造同定精度の高さを示した。次に、ネットワーク・通信技術が急速に発展する中で、その技術を活用した情報化施工の確立を目的として、無線LANを利用した遠隔計測システムを構築した。構築したシステムを実橋の施工管理に適用し、従来の手法による計測業務から大幅な負担低減を実現した。また、無線LANを利用して施工現場内に構築した計測環境を遠隔地から監視・管理するシステムを確立するために、データ転送実験を行った。さらに、画像による施工状況の監視体制の強化・確立に向けた基礎研究と位置付け、独自開発した画像遠隔モニタリングシステムと市販のカメラシステムとの比較を実橋において実施した。最後に、コンクリート構造物の内部鋼材の腐食環境を定量的に把握・監視する技術の確立を目的として、腐食電位センサを用いた鋼材電位の遠隔計測システムを構築し、曝露試験の現場に適用した。

本研究により、得られた結果をまとめると以下ようになる。

- 1) 高精度の同定理論を実装した可搬型計測装置を適用することで、現場計測が軽減化された。データの収録・分析・表示をコンピュータベースで処理するシステムにより、オフラインで個別に処理していた従来の計測業務からの技術革新が実現した。
- 2) ネットワーク・通信技術を活用した遠隔計測システムを実橋の施工管理に適用し、計測業務負荷の大幅低減と管理の効率化が実現した。本研究で提案したシステムは、情報通信技術の発達に伴って施工・維持管理の業務革新が期待される有力な手法である。

3)画像遠隔モニタリングについて，一般的な市販のカメラシステムでは映像の配信のみであるが，開発したシステムは画像データとして転送や処理が可能である．開発したシステムは用途にあわせたプログラミングが可能であり，維持管理，災害監視など多方面への有用性が高いといえる．

4) 鋼材電位を長期的に遠隔監視できる計測システムが，腐食モニタリング技術の確立に寄与する有用な手法であることが提示できた．

本論文は，上記の研究事項について示すものであり，以下に示す7章より構成される．

第1章では，老朽化する社会資本施設について述べ，維持管理の重要性をモニタリング技術の面から述べた．また，筆者が本研究を始めた背景と研究の目的を述べるとともに，それを踏まえた本論文の構成を示した．

第2章では，高精度の構造同定を2段階で処理する手法を提案し，その処理をコンピュータ上の仮想計測器空間で実現する可搬型の振動計測システムを開発した．開発したシステムは，A/D変換，データ・フィルタ処理，曲線適合による構造同定といった処理を，コンピュータ上で全て処理するシステムであり，現場計測に特化するように小型化した．

第3章では，第2章で構築した可搬型計測システムをPC斜張橋のケーブル振動計測に適用し，固有振動数および対数減衰率の推定結果を従来の手法による計測の結果と比較した．可搬型システムによる実測値は，従来のシステムと同等の結果が得られ，可搬型システムの有効性が確認できた．また，可搬型システムは装置の軽量化と大幅なコスト削減を実現した．可搬型システムにより計測したケーブルダンパーの設置前後の対数減衰率より，ダンパーの制振効果を確認することができた．

第4章では，ネットワーク・通信技術を活用し，無線LANを利用した遠隔計測システムを構築した．構築したシステムをPCエクストラドーズド橋の2現場の施工管理に適用し，管理業務の大幅な改善を実現した．また，現場内イントラネットでの計測状況を遠隔地から監視するシステムを構築し，施工中の現場で行った広域モニタリング実験により，システムの有用性を確認した．

第5章では，独自開発した画像遠隔モニタリングシステムの有効性を，施工中の現場で行ったモニタリング実験により検証した．通信手段には，ISDN回線・PHS・携帯電話を用いており，市販のカメラシステムと開発したシステムでそれぞれの特徴と施工管理への適用性を比較した．また，開発システムを小型化し，モニタ側からのカメラの遠隔操作が行えるよう改良を加えた．

第6章では，コンクリート構造物における内部鋼材の腐食環境を監視・予測するために開発した腐食電位センサを用いて，沖縄県の曝露試験現場と栃木県の事務所間に構築した遠隔モニタリングシステムについて示した．

第7章では，本研究で得られた知見を総括し，今後の施工・維持管理へのモニタリング技術活用の方向性についてまとめた．