

各種モニタリング手法による高速道路橋の予防保全に関する研究

西日本高速道路エンジニアリング関西 (株)
室井 智文

高速道路橋の維持管理は、データベースと各種マネジメントシステムなどによって構成される ICT 化を中心として効率化への取り組みがなされている。いわゆる、安心して安全な道路サービスを提供するために、予防保全を目標に業務改善がなされている。ところが、マネジメントシステムの根幹をなす点検体系や劣化度予測が定性的で、予測という面からは定量的なデータや経時変化データも少なく精度をはじめとして課題が多いのが現状である。

本研究は、予防保全に向けて維持管理そのものを効率化し、理論に基づいた体系とするために、日常の維持管理業務の中で未経験事象や問題事象を処理する過程で、現象を捉えるモニタリング技術、採取したデータの分析から現象を同定する技術など原因究明までの処理プロセスの確立、さらに、高精度な劣化度予測手法および健全度評価指標の確立など目的としたものである。まずは、現行の点検手法と定性的な判定基準から評価を数値化し、劣化度予測曲線の設定・補正する手法を提案、実際の路線のデータで検証した。また、高速道路で発生した座屈現象と異常振動現象に対する現状調査から原因究明・対策に至る業務フローの中で、損傷事象のデータ以外に、桁の応力による管理限界値による監視、また周期性路面凹凸と桁の表面ひずみの関係を路面の管理値などへの応用、モニタリングによる緊急時監視手法の試行、簡易遠隔モニタリングの実地検証など維持管理技術の検証した。さらに、橋梁の健全度指標として想定し、従来、様々な計測器を使ってその特性を分析していた固有振動数と減衰定数に関して、走行車両の影響を検証した。

本研究から得られた結果は以下の通りである。

- 1) 高速道路事業で使われている点検方法と定性的な判定基準による結果を用いて劣化度評価手法に関する一提案が検証できた。名神高速道路と北陸自動車道での試行では十分適用可能であった。
- 2) 鋼製横梁に生じた座屈事象に対して計測結果から構造性能上取替が必要と判断した。その後の緊急措置や対策期間中の監視モニタリングなどの稀有な経験は危機管理対応の一手法として習得できた。移動通信媒体を使った簡易モニタリング技術に対する2年以上の使用性と経済性、計測結果から管理値を設けた監視モニタリング手法の有効性を検証できた。
- 3) 異常な振動が観測されたPCT桁橋の原因究明で、3.0Hzの1次のたわみ振動が卓越し、第2走行車線の周期性の凹凸路面と車両の固有振動との連成を振動特性の同定と路面プロファイルデータによるシミュレーション解析の組合せで原因を特定、同じ解析で十分に

この効果確認をする手法を提案，検証した。

- 4) 異常振動している PCT 桁橋を路面補修の前後 1 年間の長期遠隔モニタリングを行い，周期性のある凹凸路面を走行する大型車両が橋梁の主桁に与える影響を分析し，走行車両群の荷重を推定する方法を提案し，精度確認を行った。なお，計測された日最大荷重は，720kN で設計活荷重の 30%程度であった。
- 5) 橋梁の健全度評価の指標として期待されている振動特性（固有振動数と減衰定数）について，計測された風力励起常時微動データから橋梁の振動特性を同定し，走行車両が精度に与える影響について解析的検討を実施した。その結果，車両走行を伴う橋梁振動データを用いた場合，特に低次振動数において推定結果が顕著に劣化することが確認された。振動特性の変化を指標として健全度評価を行う場合，車両走行の影響を予め考慮する必要があることがわかった。

本論文は，7 章より構成されている。以下にその概要を示す。

第 1 章では，社会資本や高速道路事業が置かれている維持管理の現況や関連するマネジメントシステム・基準等の整備状況について述べ，それらの課題と同時に今後の高速道路橋の維持管理の方向性についてまとめた。

第 2 章では，高速道路橋の橋梁マネジメントシステム（BMS）における劣化度予測手法の構築にあたって，将来健全度評価や劣化予測を定量化し，かつ高精度に行う第 1 段階として，現行の点検結果に基づき劣化予測式を補正する手法を提案し，その適用性について検証した。

第 3 章では，鋼製横梁端部に生じた座屈現象の調査から改良工事完了までに行われた計測管理と安全性保証の監視を目的に行われた遠隔モニタリングの中で，橋梁の維持管理事象に対する緊急対応の一手法として提案し，使用した遠隔モニタリングシステムと併せて検証した。

第 4 章では，異常な振動が確認された PCT 桁橋に対して，一般車走行時計測と試験車両による単独走行試験を実施し，桁構造の応力状態と振動性状を分析し，伸縮装置付近の路面の凹凸が原因であることを究明，合わせて対策の低減効果を検討する手法を示した。

第 5 章では，第 4 章で振動原因を特定した橋について，路面補修前後 2 年間の長期モニタリングから補修された路面の凹凸が桁の応力度に与えた影響（低減）と走行車両群の荷重推計手法を明らかにした。さらに，様々な波長の路面凹凸パターンによる車両走行シミュレーション解析で，周期性路面が橋梁に及ぼす影響について解析からも明らかにした。

第 6 章では，長期遠隔モニタリングによる橋梁振動特性推定において，使用する常時微動の規格化を目的に，橋梁の風力励起振動に走行車両励起振動が重畳すると厳密な橋梁振動特性の推定ができなくなることを実測データの解析結果より検証した。

第 7 章では，本研究で得られた知見を整理し，橋梁の維持管理の効率化に関する今後の方向性および課題についてまとめた。