

主 論 文 要 旨

No.

報告番号	㊦ 乙 第 号	氏 名	曹 一 竜
<p>主 論 文 題 名： 固有振動数を用いた鉄道橋梁桁の維持管理を効率化する健全度評価システムの開発</p>			
<p>昭和 40 年代の日本の高度経済成長期に建設された多くの鉄道橋梁などのインフラ設備は、その供用年数が 50 年を超えるものをはじめ、老朽化が顕著となっている。老朽化によるインフラ設備の劣化は安全性などの品質低下をまねくリスクがあるため、明確な基準に基づく維持管理を実施することが急務となっている。鉄道橋梁は列車の走行安全性を確保する必要のある重要インフラであり、平常時には安定した車両運行を実現し、地震などによる災害時にも車両を脱線させないことが求められる。鉄道橋梁の維持管理は「平成 19 年 鉄道構造物等維持管理標準・同解説(構造物編 コンクリート構造物)」(以下、維持管理標準)により規定され、橋梁下部工(柱、橋台、杭)についての検査は固有振動数を用いた明確な基準にしたがって維持管理されている。しかしながら、橋梁上部工(桁、梁、スラブ)に関する検査に関しては、橋梁のタイプによる境界条件の差異が大きいためその基準が定まっていない。また、維持管理の実施に際しては土木技術の専門家が関わることを求められるが、業界全体の人手不足に対応するため健全性の判定を簡易に行えるようにすることで効率化をはかることも求められている。</p> <p>こうした背景のもとで本論文では、鉄道橋梁のうち、上部工の代表的な構成要素である鉄筋コンクリート桁 (以下、RC 桁)を対象として、固有振動数を用いた健全度の評価を支援する健全度評価システムの開発について述べる。鉄道橋梁の桁、高架橋の梁、スラブの振動測定で得られる固有振動数から曲げ剛性を推定し、損傷程度の評価ができる判定モデルを作成する。このため、模型梁を用いて静的載荷実験により段階的に損傷を与え、衝撃振動試験を行い、健全時の固有振動数との比較によりその低下率から損傷程度の判定をするモデルを導いている。このモデルによる判定結果を維持管理標準および事例や経験的妥当性に基づく措置と結び付け、予防保全の実施やモニタリングの強化、補修や補強、使用制限、および改築や取替などの措置を行う技術的な根拠を提供する。定量的な判定基準と判定プロセスを定義し、視認性に優れ判読性の良い判定方法を提供することで、必ずしも土木工学を専門としない関係者にも、鉄道橋梁の桁要素に対する健全度を効率よく評価ができる健全度評価システムを開発している。</p> <p>本論文は 7 章から構成される。第 1 章では、研究の背景を説明し、鉄道橋梁に関する維持管理の現状を整理する。振動測定による鉄道橋梁の健全度判定をはじめとした先行</p>			

研究を踏まえ、取り組むべき課題を洗い出し、本研究の目的と論文構成について述べる。第2章では、維持管理標準で規定された検査の手順を整理し、実務で直面する問題点をまとめ、個別検査の健全度評価を効率化する健全度評価システムの全体像を、システムズモデリング言語(Systems Modeling Language, 以下 SysML)を用いて定義をしている。これらの定義に基づき本研究の SOI (System of Interest) を策定し、損傷程度を評価する判定モデルの位置づけと概念を明確にする。

第3章では、橋梁上部工 RC 桁が荷重形態と境界条件から軸力に影響されないことを確認した上で、高次の固有振動数を損傷程度を定量的に表現する評価指標として用いることの妥当性を論証する。そして、その計測方法として、精度が良くかつ現場で比較的簡単に実施できる測定方法とされる衝撃振動試験を選択し、計測した応答波形から高次の固有振動数を推定する方法を述べている。第4章では、断面欠損など変状のない RC 桁を模擬した模型梁を用いた実験を行い、固有振動数から損傷程度を評価できる判定モデルを提案している。載荷前の初期状態から補修が必要な状態に至るまで載荷により段階的に模型梁の躯体に損傷を与え、載荷終了ごとに衝撃振動試験を実施し、計測した応答波形のフーリエ解析により1次から4次の固有振動数を求めている。実務での振動測定を想定し、境界条件の影響が小さい特性を持つ4次固有振動数の妥当性を固有値解析で確認し、これを損傷程度を評価する判定モデルに用いることで、損傷程度に対応した健全時に対する固有振動数の低下率を求めている。第5章では、底面コンクリートかぶりの欠損を想定した中程度の変状、およびそれに加え鉄筋断面積の減少を想定した深刻な変状の RC 桁を模擬した模型梁を作成し、判定モデルを用いた損傷程度の評価方法を述べている。人為的に異なる程度の変状を施した模型梁に対して固有振動数の低下率を把握した上で、損傷程度の評価結果に対する維持管理標準を踏まえた措置と実施のタイミングについて検討し、判定モデルによる評価方法を提案している。

第6章では、変状程度が高い RC 桁に対する補修後の性能を評価するため実験を行っている。最初に変状を伴う模型梁を作成し、断面修復と樹脂注入の措置により補修を施しておき、健全な模型梁と補修前後に計測した模型梁の固有振動数を照合することにより、補修後の性能維持の程度を把握できることを示している。この実験結果をもとに健全度評価システムを用いた補修効果による評価を定義し、さらに土木工学を専門としない関係者にも理解しやすくなるように健全度評価システムの出力結果のあり方について検討している。最後に、第7章では、本研究の成果をまとめ、考察と今後の展開について述べている。