

京都大学	博士（工学）	氏名	山本 亨輔
論文題目	Bridge Damage Identification Using Vehicle Response (車両応答を用いた橋梁損傷同定)		
<p data-bbox="188 450 448 483">(論文内容の要旨)</p> <p data-bbox="172 535 1422 779">本論文は、近年急速に増加する老朽化橋梁を迅速かつ低コストに点検し、その健全度に基づき適切な維持・修繕を実施する予防保全の立場から橋梁の延命化を図ることを目的とし、橋梁上を走行する車両の振動応答に基づいた橋梁ヘルスマニタリング手法を提案し、数値シミュレーションによって橋梁と車両の連成振動性状と損傷の関係を明らかにするとともに、損傷を模擬したモデル橋梁・実大橋梁を用いた走行試験により提案手法を検証した結果を取りまとめたものであって、6章からなっている。</p> <p data-bbox="172 831 1422 949">第1章は序論であり、研究の背景と目的について述べ、特に、橋梁の維持管理の合理化の第一ステップとして橋梁の振動性状に基づく構造ヘルスマニタリング手法の開発動向の概要を示している。</p> <p data-bbox="172 1001 1422 1335">第2章では、車両に加速度センサーを搭載し、橋梁上を走行中に計測した車両振動応答から橋梁に潜在する損傷を検知・同定する2, 3の手法を提案している。ここでは、橋構造の曲げ変形として、局所的な断面変形（曲率）ならびに全体的なたわみモードの変化をモニタリングする手法を定式化し、その実現性について考察している。なお、曲率は、車両振動の加速度応答波形のウェーブレット係数から評価できることを明らかにし、たわみモードは車両振動から推定した橋梁振動成分を特異値分解にすることによって間接的に評価でき、一方、車両振動を直接特異値分解することでもたわみモード形状が推定できることを示している。</p> <p data-bbox="172 1386 1422 1800">第3章では、第2章で構築した手法の実用性を検証するため、実システムで想定される路面凹凸、車両に設置するセンサーの精度、車両移動に伴う構造システムの非線形性、交通振動を用いることによる測定値の非定常性などの不確定な要因が、橋梁に潜在する損傷の検知精度に及ぼす影響を、剛体バネ系による振動解析およびより詳細な有限要素解析により、その検証を行っている。その結果、曲率推定は、車両応答のみを用いる簡易さはあるものの、路面凹凸に影響されることを示している。一方で、車両振動から推定した橋梁振動成分を特異値分解にすることによって間接的にたわみモードを推定する手法は、データ処理過程が多く、計測データに含まれるノイズから強く結果に影響を受けるが、車両振動を直接特異値分解することでたわみモード形状を推定する際には、ノイズの影響を受けにくいことを示している。</p> <p data-bbox="172 1852 1422 1971">第4章では、第2章で構築した手法および第3章で数値解析により検証した結果について、さらに室内にモデル橋梁を設置し、モデル車両を用いた走行試験により、検証を行っている。ここでは、車両応答を計測し、曲率推定法およびモード形状推定法</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	山本 亨輔
------	---------	----	-------

(直接推定)を適用して、種々の桁損傷の検知を試みた結果、両手法とも損傷の検知が可能であることが分かったが、曲率推定法では、曲率の推定精度が路面凹凸に強く影響され、その影響除去について課題があることを示している。

第5章では、実大トラス橋梁において、曲率推定法ならびにモード形状推定法(直接推定)によるトラス斜材の部材破断の損傷検知を検証している。ここでは、モード形状推定法では損傷検知が可能であったが、曲率推定法では、部材破断の損傷が、明確には検知できなかつたことが示されている。これは、路面凹凸、桁ジョイント部での衝撃的な応答が、曲率変化として表れ、結果的に損傷と捉えられるためであり、不確定な要因が混在する実環境での検証手順についてさらなる検討が必要であることを示している。

第6章は結論であり、本論文で得られた成果について要約している。

氏名	山本亨輔
----	------

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、近年急速に増加する老朽化橋梁を迅速かつ低コストに点検し、その健全度に基づき適切な維持・修繕を実施する予防保全の立場から橋梁の延命化を図ることを目的とし、橋梁上を走行する車両の振動応答に基づいた橋梁ヘルスマニタリング手法を提案し、数値シミュレーションによって橋梁と車両の連成振動性状と損傷の関係を明らかにするとともに、損傷を模擬したモデル橋梁・実大橋梁を用いた走行試験により提案手法を検証した結果を取りまとめたものである。

はじめに、第1章では、研究の背景と目的について述べ、特に、橋梁の振動性状に基づく構造ヘルスマニタリング手法の開発動向の概要を示している。次に、第2章では、車両に加速度センサーを搭載し、橋梁上を走行中に計測した車両振動応答から橋梁に潜在する損傷を検知・同定する2・3の手法を提案している。ここでは、橋構造の曲げ変形として、局所的な断面変形(曲率)ならびに全体的なたわみモードの変化をモニタリングする手法である。なお、曲率は、車両応答の加速度波形のウェーブレット係数から評価できることを明らかにし、たわみモードは車両振動から推定した橋梁振動成分を特異値分解にすることによって間接的に評価できることを示すとともに、車両振動を直接特異値分解することでもたわみモード形状が推定できることを明らかにしている。さらに、第3章では、路面凹凸、車両に設置するセンサーの精度、車両移動に伴う構造システムの非線形性、交通振動を用いることによる測定値の非定常性などの不確定な要因が、橋梁に潜在する損傷の検知精度に及ぼす影響を剛体バネモデル・有限要素モデルの数値実験により明らかにしている。特に、曲率推定は、路面凹凸に影響され、モード推定は、計測データに含まれるノイズから強く影響を受けることを明らかにしている。また、第4章では、室内に設置したモデル橋梁・モデル車両を用いた走行試験により、橋梁-車両連成振動下における車両応答を計測し、曲率推定法およびモード形状推定法を適用して、各種桁損傷の検知を試み、両手法とも損傷の検知が可能であることを示すとともに、曲率の推定精度において、路面凹凸の影響除去が課題であることを示している。なお、第5章では、実大トラス橋梁において、曲率推定法ならびにモード形状推定法を用い、トラス斜材の破断の検知を検証している。モード形状推定法では破断検知が可能であったが、曲率推定法では、斜材破断の損傷は検知できなかったことが示されている。これは、路面凹凸、桁ジョイント部での衝撃的応答が、曲率変化として表れ、結果的に損傷と捉えられるためであり、不確定な要因が混在する実環境での検証手順についてさらなる検討が必要であることを示している。最後に、第6章では、本研究で得られた成果をまとめ、橋梁ヘルスマニタリングによる維持管理の今後の展望について述べている。

以上、本論文は、橋梁の迅速・低コストな点検法の確立を目指し、橋梁と走行車両の連成振動性状に基づく健全度評価手法を構築することにより、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成24年6月28日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行って、申請者が博士後期課程学位取得基準を満たしていることを確認し、合格と認めた。