

交通振動を用いた橋梁損傷の同定法に関する実験的検証

筑波大学大学院システム情報工学研究科 学生会員 ○宮本 陸

筑波大学システム情報系 正会員 山本 亨輔

1. 研究背景

橋梁の健全性評価手法の一つとして、交通振動分析による検討が進んでいる^[1]。本研究では、模型橋梁を多点計測し得られた振動データを FDD (Frequency Domain Decomposition: 周波数領域分解) 法^[2]および SVD (Singular Value Decomposition: 特異値分解) 法を用いて橋梁のモード形状を算出し、得られたモード形状を MAC (Mode Assurance Criterion: モード信頼性評価基準) 値で比較することで、橋梁損傷を評価可能か検証する。

2. 実験概要

本実験では反復走行が容易、かつ、橋梁の損傷を模擬できる模型実験を行う。本試験で用いた模型橋梁と模型車両の外観を図 1、図 2 に示す。また、模型橋梁と模型車両の各パラメータを表 1、表 2 に示す。

図 1 の模型橋梁は紙を使用して製作している。実際の橋梁に使用されている部材(主桁・分配横桁・横構・ボルト・補剛版床板など)から成り立っている。各部材の着脱により橋梁損傷が模擬可能となっている。床板、加速度センサ搭載マイコン、レーザー変位計搭載後の橋梁を図 3 に、バッテリー、加速度センサ搭載のマイコン搭載後の車両を図 4 に示す。床板は発泡スチロールを使用した。床板と橋梁上フランジは建材用両面テープで固定した。また、床板の上に厚さ 2mm のビニール製シートを敷き、模型車両の走行による轍や発泡スチロールの削れなどを軽減した。また、実験時は車両振動を励起させるため、実際の道路の路面凹凸を再現した。発泡スチロールとビニール製のシートの間に厚紙を適当な箇所に入れて実験を行った。模型車両の右側には、レーザー変位計での入退出検知のため、橋梁上フランジに図 5 のように計 6 個のマイコンを設置した。各マイコン同士は GPS 時刻情報を用いて時刻同期を行っている。今回使用した計測プログラムでは、マイコン起動後絶えず加速度を計測し続けるため、車両走行時のデータ区間を特定する必要がある。そこで、橋梁の左右それぞれに用意した助走区間から模型橋梁への入り口と模型橋梁から助走区間への出口部分にレーザー変位計と GPS モジュールを搭載したマイコンを置き、模型車両の進入と退出の

時刻情報をそれぞれ記録することで、模型車両走行時のデータ区間を特定している。車両速度は橋梁の全長を走行時間で除した値を用いている。模型橋梁へのマイコン搭載位置は模型橋梁の支間長の 1/3 ごとに設置した。橋梁の損傷模擬として、部材の取り外しにより損傷を模擬した。図 6 に模型橋梁を上から見た図を示す。図 6 の①の部材は横桁で、主桁に対して垂直に取り付けられており、主に縦方向の荷重を他の主桁へ分配する役割を果たす。この部材の取り外しにより損傷を模擬した。部材取り外しの損傷時と部材の取り外しなしの健全時、二つの橋梁状態で振動計測を行った。また各橋梁状態において、模型車両への載荷なしと 2kg 載荷の二つの重量パターンで実験を行った。車両走行位置は図 6 のように進行方向左側とした。また、図 4 に示すように、模型車両右側には、レーザー変位計での入退出管理のため、ターゲットを設けた。

3. 実験結果とまとめ

実験で得られた振動データに SVD 法を用いて算出した 1 次と 2 次のモード形状と、FDD 法によって算出した 1 次モードの MAC 値を周波数ごとにプロットした図を図 7 に示す。図中の青線が 1 次モードの MAC 値、赤線が 2 次モードの MAC 値である。二つの橋梁状態に対して 2 パターンの車両重量で、合計 4 パターン実験を行い、各パターン 25 回走行した。走行回ごとに SVD で算出した値を全て足し合わせ 25 で除すことで平均化処理を行い、その値を用いて SVD と FDD の MAC 値を算出した。なお、今回示している結果は可視性向上のため平均化処理を行っているが、25 回のデータそれぞれに高い再現性がみられることを確認している。図 7(a)と図 7(b)より、周波数 80Hz 以降に注目すると、1 次モードの MAC 値はどちらも約 0.9 付近に落ち着いているのがわかる。しかし損傷時の図 7(c)と図 7(d)を見ても 1 次モードの MAC 値は約 0.2 付近になっている。また、特に図 7(d)グラフでは 2 次モードの MAC 値が 0.6 あたりと、健全時とは大きく変化した値を確認することができた。以上の結果より、FDD 法と SVD 法で算出したモード形状を MAC 値で比較することで、橋梁損傷を評価できる可能性がある。

キーワード 交通振動分析, 橋梁振動

連絡先 〒305-8573 つくば市天王台 1-1-1

表 1 橋梁パラメータ

全体寸法	橋長	4240[mm]
	橋幅	1330[mm]
主桁寸法	フランジ厚	1[mm]
	フランジ幅	70[mm]
	ウェブ厚	260[mm]
	ウェブ高さ	1[mm]

表 2 模型車両パラメータ

重量	6.92[kg]
寸法	280×270[mm]
速度	4.82[km/h]



図 1 紙製模型橋梁



図 2 模型車両



図 3 実験時の模型橋梁

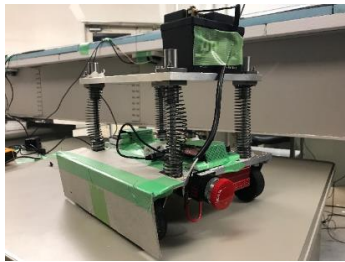


図 4 実験時の模型車両



図 5 マイコンの取り付け

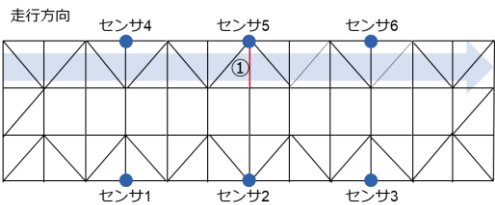
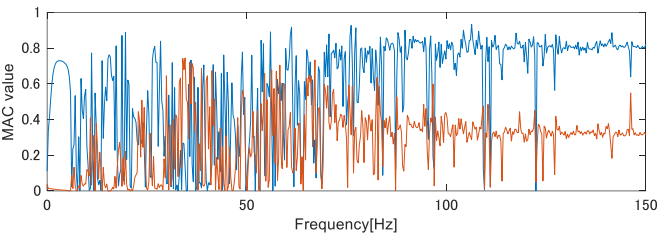
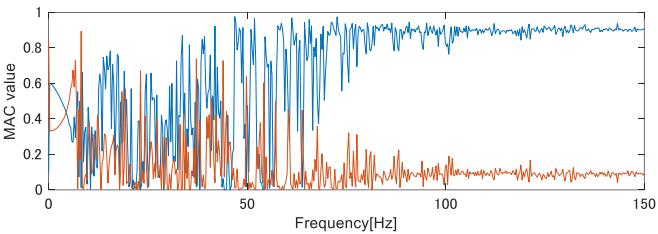


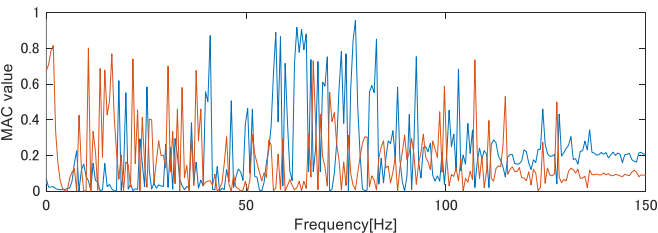
図 6 センサ取り付け位置及び損傷模擬位置



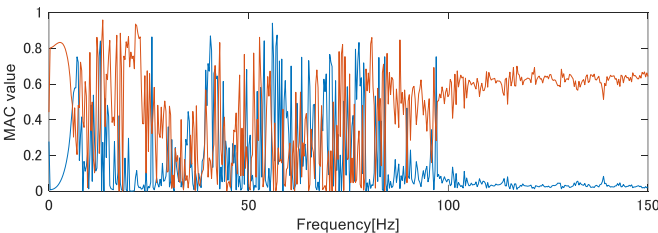
(a) 健全時の MAC 値



(b) 健全時の MAC 値 2kg 載荷



(c) 損傷時の MAC 値



(d) 損傷時の MAC 値 2kg 載荷

図 7 MAC 値

参考文献

[1] 浅川一樹：FDD 法および SVD 法の交通振動への適用性に関する基礎的検討 土木学会第 70 回年次学術講演会

[2] 長江信顕，渡瀬正泰，玉木利裕：相互相関関数を用いた実稼働モード解析，構造工学論文集 Vol.57A，pp.232-241，2011