

橋梁モデルの損傷による固有振動の変化に関する基礎的研究

大阪市立大学大学院 学生員 ○北垣 啓
大阪市立大学大学院 正会員 北田 俊行
京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

大阪市立大学大学院 正会員 山口 隆司
大阪市立大学大学院 正会員 松村 政秀
JIP テクノサイエンス 正会員 狩野 正人

1. 研究背景および目的

近年，交通量の増大，大型車種の多様化，走行速度の高速化，さらには橋梁構造物の老齢化に伴い，橋梁構造物の健全性が損なわれている事例が多く見られるようになってきている．疲労や腐食などの損傷によって健全性が損なわれた場合，健全な構造物と比べて固有振動数などの構造特性に変化が現れると考えられる．現実的には，管理する橋梁が多数であることから，これらの構造特性の変化を容易に，短時間で計測し，損傷を同定する技術の確立が求められる．

本研究では，固有振動数による橋梁損傷の同定を可能にするために，損傷による固有振動数の変化を固有値解析をもとに検討し，固有振動数の変化と損傷程度との相関についてまとめる．なお，取り上げる損傷は，主桁の腐食，主桁の亀裂，床版の損傷，および支承の機能不全である．

2. 対象橋梁および解析モデル

対象とした橋梁は，(独)土木研究所の試験橋梁である．試験橋梁の側面図および断面図を図-1 および図-2 にそれぞれ示す．なお，図-2 中には主桁番号(G1~G4)も併記した．

解析には，弾塑性有限変位プログラムEPASS/USSPを用いた¹⁾．主桁，横桁，および床版は板要素，横構および対傾向は梁要素でモデル化している．

損傷度は，現実的な損傷程度も含め，広範囲に設定した．以下，この損傷を生じていないモデルを健全モデルと呼ぶことにする．

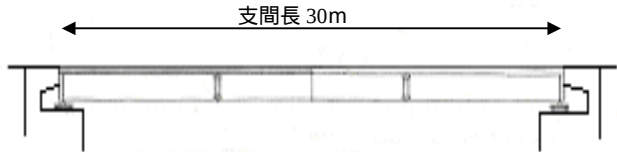


図-1 対象橋梁の側面図

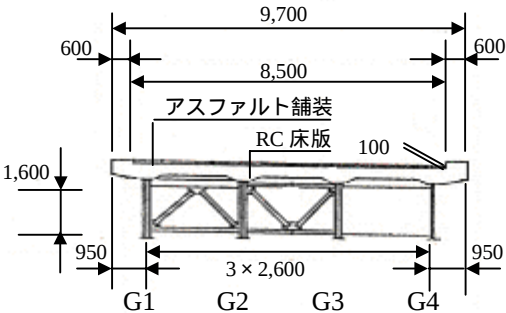


図 2 対象橋梁の断面図(寸法単位 mm)

表- 1 固有振動数の比較

固有振動モード	計測値 (Hz)	解析値 (Hz)	解析値/計測値
鉛直 1 次	3.17	3.18	1.00
ねじれ 1 次	4.60	4.34	0.94
鉛直 2 次	11.80	10.82	0.92

現場計測で得られた鉛直 1 次，鉛直 2 次およびねじれ 1 次の固有振動数と固有値解析から得られた固有振動数の結果を表-1 に示す．表-1 より固有値解析から得られた固有振動数は計測結果とよく一致しており，本研究で設定した解析モデルは十分妥当であると判断される．

3. 解析結果と考察

3.1 主桁の腐食

主桁の腐食損傷として，桁端部の下フランジの腐食を想定した．腐食のモデル化はフランジの板厚を減厚することとし，損傷区間は桁端から 1,550mm(腹板高さの 1 倍)とした．設定した損傷度は 0%，10%，50%，および 90%である．なお，この損傷度はフランジの減厚量を腐食がない場合のフランジ厚で除し，これを百分率で表したものである．また，固有振動数変化率は，損傷した場合の固有振動数を健全モデルの固有振動数で除したものである．解析により得られた固有振動数の変化をモード別に図-3 に示す．

図-3 より損傷度が 50%までは，固有振動数に大き

な変化はみられず，50%を超えた場合に若干の変化がみられる．特に，鉛直2次モードの固有振動数に大きな変化が表れている．

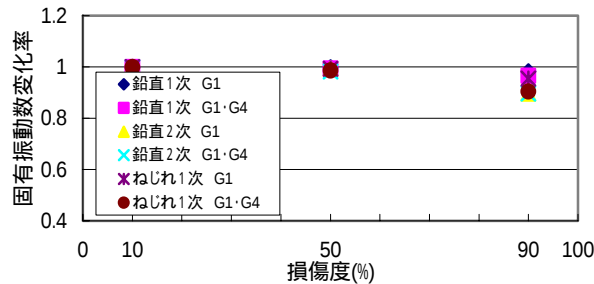
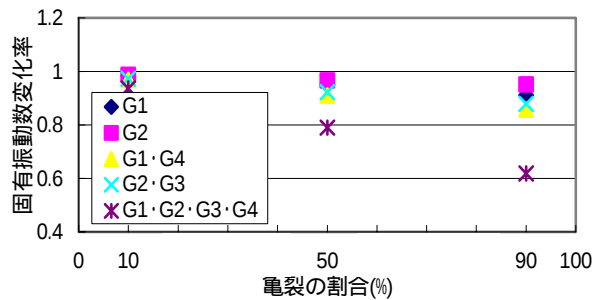


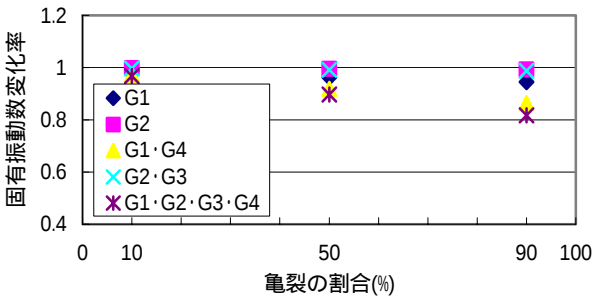
図-3 固有振動数の変(主桁の腐食)

3.2 主桁の亀裂

主桁の亀裂損傷として，支間中央におけるウェブ高さ方向に亀裂発生を想定した．亀裂は初期に同じ座標を有する別の節点としてモデル化した．亀裂の長さは，ウェブ高に対して10%，50%，および90%とした．解析により得られた固有振動数の変化を図-4および図-5に示す．



(a) 鉛直1次



(b) ねじれ1次

図-4 固有振動数の変化(主桁の亀裂)

鉛直1次およびねじれ1次ともに，損傷度が50%以下でも固有振動数の変化は大きくなっている．その変化は鉛直2次モードと比べて鉛直1次モードにより顕著に現れている．外桁の亀裂の損傷は中桁に亀裂の損傷を想定した場合に比べて固有振動数の変化が大きくなっている．

3.3 床版の損傷

床版の損傷として，床版端部の損傷を想定し，床

版厚を減厚してモデル化した．設定した損傷区間はウェブ高と同等の長さ（1550mm）とした．損傷度の定義は，主桁の腐食と同様の考え方である．解析の結果，床版の損傷が固有振動数に与える影響はいずれの損傷度の場合でも2%以下となり，非常に小さい．

3.4 支承の機能不全

支承の機能不全として，G1 および G4 主桁片側の支点の境界条件を表-2 に示すように変化させてモデル化した．解析によって得られた固有振動数の変化を表-2 に併せて示す．

表 2 支承損傷の解析ケースと固有振動数

損傷の状態	鉛直1次	ねじれ1次	鉛直2次
	(Hz)	(Hz)	(Hz)
健全モデル	2.99	4.77	9.24
G1 移動拘束	3.60	5.11	9.44
G1 回転拘束	3.04	4.87	9.28
G1 移動・回転拘束	3.61	5.14	9.56
G1・G4 移動拘束	4.24	5.25	9.58
G1・G4 回転拘束	3.10	4.95	9.35
G1・G4 移動・回転拘束	4.26	5.19	9.77

表-2 より，回転を拘束するより橋軸方向の移動を拘束した方が，固有振動数の変化は大きくなっている．特に，鉛直1次モードの変化は健全モデルに比べてG1 移動拘束の場合22%，G1・G4 移動拘束の場合42%，それぞれ大きくなっている．また，ねじれ1次モードおよび鉛直2次モードの固有振動数の変化は，鉛直1次モードの変化と比較して，小さいが，G1 移動拘束の場合でねじれ1次モード，鉛直2次モードそれぞれ7%および2%と大きくなっていることがわかる．

4. まとめ

- 1)主桁の腐食損傷では，現実的な損傷程度に対し，低次の固有振動数には影響はほとんど見られない．また，床版の損傷においても同様である．
- 2)亀裂の損傷による固有振動数の変化は，亀裂発生部位と関係し，発生部位が腹になっているモードに影響が大きい．
- 3)支承の損傷は腐食，亀裂および床版の損傷に比べて固有振動数に与える影響は大きい．

参考文献 1) EPASS/USSP 研究会：EPASS/USSP ユーザーズマニュアル，入力編，Ver.1.0，JIP テクノサイエンス（株），2006.10.25 2)阪神高速道路公団：旧梅田入路構造物に関する調査研究，1992.3.