

光学的計測法を用いた RCT 橋の構造特性同定

長崎大学大学院 学生会員 ○國廣智志
 長崎大学 正会員 山口浩平
 長崎大学 正会員 松田浩
 国土交通省 九州地方整備局 工藤賢二
 (株) 富士ピー・エス 杉江匡紀

1. はじめに

我が国にある約 70 万橋の橋梁のうち、建設後 50 年を超えた橋梁の割合は 2013 年では約 20%であったが、2033 年には約 70%にも増加する見通しである¹⁾。

現在の近接目視では、損傷や腐食等の材料劣化や外観変状が分かるのみで、「安全性」・「落橋の可能性」・「通行止めの必要性」・「補修の必要性」を明確に判断することは難しい。

この解決方法として、構造特性同定を用いた性能・リスク評価が挙げられ、図 1 に示すフローが考えられる²⁾

本研究では、RC 橋を対象として、上記の①～⑤を適用し、実橋梁の構造特性同定への適用性を検討することを目的とした。

また②～⑤の過程における手法のユーザービリティや汎用性などについても検討した。なお、使用する計測機器等については、従来の計測機器を使用するとともに、レーザトポグラ速度計(以下:LDV)、サンプリングモアレカメラ(以下:SMC)などの最新の計測機器を用いて、できる限り仮設足場を使用しない計測法を用いて計測を実施し、その有効性について検討した^{3), 4)}。

2. RC 橋に対する構造特性同定

2.1 橋梁の概要

対象橋梁は上り線が鉄筋コンクリート T 桁橋、下り線が鉄筋コンクリート床版橋で構成される単径間の橋梁であり、本文では鉄筋コンクリート T 桁橋を対象とし、今後は橋梁 C と呼称する。橋梁 C の詳細を表 1、図 2、図 3 に示す。

2.2 変位・ひずみ計測

橋梁 C では変位計測・鉄筋のひずみ計測を行った。また非接触式変位計測も同時に行い精度検証を行った。この際の真値は接触式変位計とする。非接触式変位計測には SMC を用いた。SMC とはカメラで、計測物に設置した格子ターゲットを撮影し、その画像から変位を計測する光学的計測法である。この格子ターゲットを G7 の支間 2/4 地点の桁側面に設置し、約 4m 離れた土手からカメラで撮影し変位を計測した。20t のコンクリートブロック(10t を 2 つ)を G4 の支間長中央に 3 回、G7 の支間長中央に 2 回、G1 の支間長中央に 2 回ずつ順番に载荷し活荷重とした。計測位置と载荷点・载荷点の詳細を図 4 に示す。

この载荷による接触式変位計と SMC の変位の比較を
 キーワード: 構造特性同定, 最新の計測機器, FEM 解析, RCT 橋

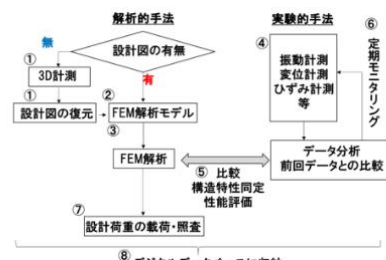


図 1 構造特性同定概要

表 1 橋梁詳細

橋長	8.3 (m)	斜角	44.45度
支間長	7.8 (m)	架設年	昭和29年 (G1,G7は昭和34年に増設)
幅員	9.75 (m)	適用示方書	昭和14年 1等橋 設計活荷重:13t

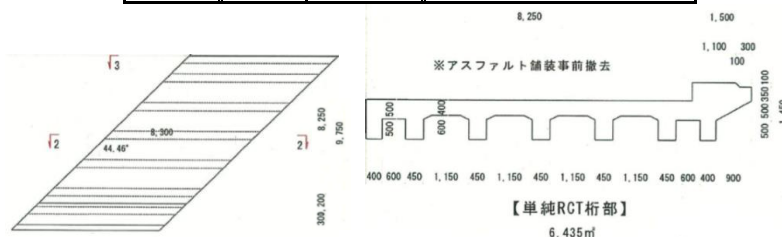


図 2 橋梁平面図

図 3 橋梁断面図

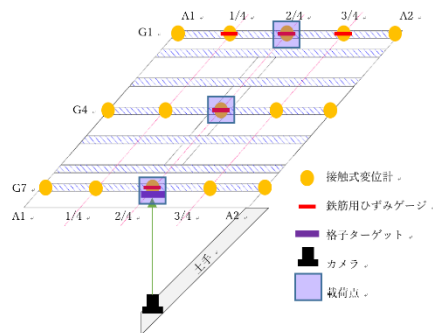


図 4 計測位置図

表 2 に示す。これより、SMC では精度よく変位計測を行えなかったと分かる。

2.3 振動計測

振動計測は LDV を用いた。サンプリング周波数を 500Hz とし、計測時間は 100 秒で橋梁中央点をハンマーで加振した。速度波形をサンプリング点数 8192 で FFT 処理を行い、固有振動数を算出した。計測点は G1・G2・G4・G6・G7 桁の支間長 1/4・2/4・3/4 地点と G3・G5 桁の支間長 2/4 地点である。

2.4 FEM 解析

橋梁 C では弾性梁要素用いた簡易的に作成できる骨組み解析モデルと、詳細にモデル化したソリッド解析

モデルを作成した。今回はソリッド解析モデルによる解析値を真値とした。骨組み解析モデルでは支持位置が断面の図心になるため、その影響を考慮し、図心から桁下端部に剛体要素を伸ばしたモデルも作成した。コンクリートを 30MPa と 50MPa で分けたのは、G1, G7 は品質の低い他と異なるコンクリートと推測したためである。また、反発度法からも同様の結果が得られ、その値から各コンクリートの圧縮強度を求めた。これらの材料特性と解析ケースを表 3, 表 4 に示す。なお、以降は G4 の支間長中央に載荷した場合のみ述べる。

2.5 計測値と解析値の比較

計測値と解析値を図 5, 図 6 に示す。

(1) 変位・ひずみ計測

G4 の計測点では、図 5 より概ね一致していると考えられるため、精度よく構造特性同定を行えたと判断できる。これは G4 が載荷点直下であるため、変位が 0.3mm 程度発生し、顕著に計測・解析できたことが理由であると考察できる。なお G1・G7 に関しては、変位が微小であるため比較・検討を行う必要はないと判断した。

G4 の計測点では、図 5 より概ね一致していると考えられるため、精度よく構造特性同定を行えたと判断できる。これは G4 が載荷点直下であるためひずみが 40 μ 程度発生し、顕著に計測・解析できたことが理由であると考察できる。なお G1・G7 に関しては、ひずみが微小であるため比較・検討を行う必要はないと判断した。

(2) 固有振動数

振動計測では図 6 より概ね一致していると考えられるため、精度よく構造特性同定を行えたと判断できる。

3. 考察とまとめ

橋梁 C では、振動・変位・ひずみを用い構造特性同定をすることができた。しかし振動計測・固有振動数を用いた構造特性同定は高い精度ではなかったため、支承部等の性能評価を行わなかった。

この原因として橋梁 C は固有振動数が高周波であったことが考えられる。この要因としては以下の要因が考えられる。

- ・コンクリート橋は鋼橋に比べ単位長さ当たりの質量が大きく、橋梁が硬くなったため。
- ・幅員に対する橋長が短く橋梁が硬くなったため。
- ・橋梁 C は斜橋であり、拘束が大きくなったため。

これらの要因を正しく解析において再現できておらず、精度が他の橋梁に比べ劣ったものになったと考えられる。加えて実振動計測の際にも、高周波であるため、多少のばらつきでも振動数が大きく変化してしまい、正確に固有振動数が算出できていない可能性がある。

4. 結論

本研究では、RC 橋を対象として、実橋梁の構造特性同定への適用性を検討することを目的とし検討を行った。その結果、RC 橋（橋梁 C）において構造特性同定を行うことができた。

表 2 変位計測の比較

載荷点	接触式変位計 (mm)	SMC (mm)
G1 支間長中央	0.00	0.38
G4 支間長中央	0.06	-0.12
G7 支間長中央	-0.32	-0.42

表 3 材料特性

材料	コンクリート		鉄筋	
使用箇所	G1, G7	G2, G3, G4, G5, G6	主鉄筋	横筋鉄筋 (骨組み解析のみ)
種類	30MPa	50MPa	SD345-R25	SD345-R20
E (GPa)	28	33	200	200
γ (kN/m ²)	24.5		78.5	
μ	0.15		0.299	

表 4 解析ケース

解析ケース	解析モデル	支持位置	支持方法
i	骨組み解析	図心	ピン/ローラー
ii			ピン/ピン
iii		桁下端部	ピン/ローラー
iv			ピン/ピン
v	ソリッド解析	桁下端部	ピン/ローラー
vi			ピン/ピン

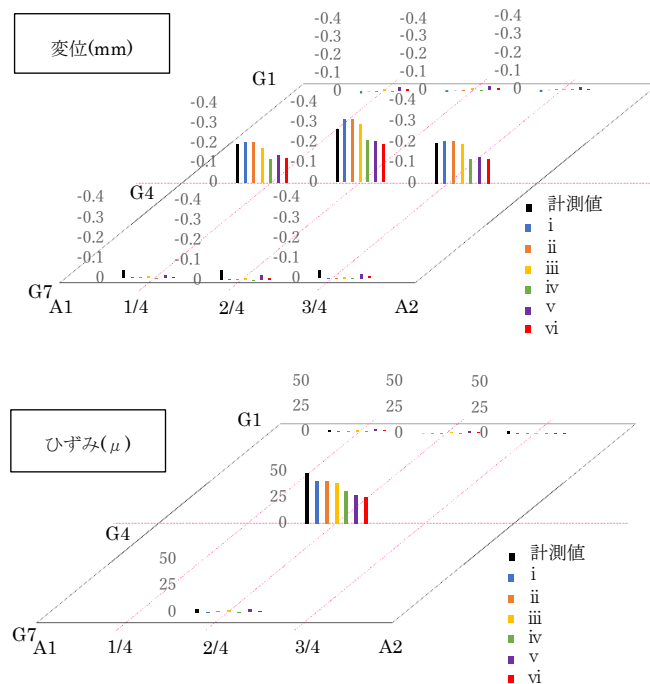


図 5 計測値と解析値の比較

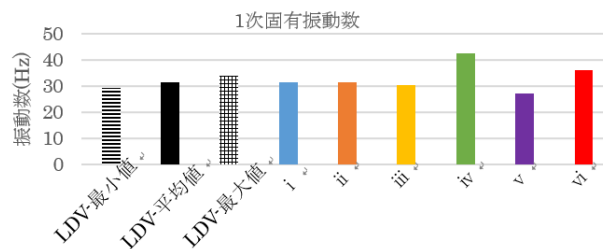


図 6 計測値と解析値の比較
(1 次固有振動数)

5. 今後の課題

RC 橋では、他の橋梁、特に橋長の長い振動しやすいものに対して構造特性同定を行い、適用性を再度確認する必要があるとともに、解析モデルの精度向上の必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省 HP
(http://www.mlit.go.jp/road/sisaku/yobohozen/yobol_1.pdf)
- 2) 橋梁実測振動特性の統計解析, 加藤雅史, 島田静雄, 土木学会論文報告集 p.49-58
- 3) 構造物診断用非接触振動測定システム「U ドブラー」の開発, 上半文昭, 鉄道総研報告, 第 21 巻, 第 12 号, pp.17-22, 2007.12.
- 4) サンプルングモアレ法による変位・ひずみ分布計測, 森本吉春, 藤垣元治, 梶谷明大