

支承部に劣化がみられる既設 PC 橋梁の設計図書に基づく構造解析および実橋振動計測

長崎大学大学院 ○ 熊 天 中津市役所 田中良治
 長崎大学大学院 正会員 奥松俊博
 同 中村聖三 西川貴文

1 はじめに

PCは我が国で初めて建設されてから70年近くが経過しようとしている。既往の研究で、PCT桁橋において支承固着が固有振動数に与える影響は低次の方が大きい、また、鋼材腐食やプレストレス低下による要因だけでは健全時と比較して、振動特性に有意な差が生じないことが示されている¹。本研究では支承の腐食が著しく、支承取替工事が予定されている既設 PC 橋に対して鉛直方向の加速度計測を実施し、得られた加速度データから対象橋梁の振動特性を推定した。また、橋体温度変化に伴う支承の挙動を把握するために小型デジタルカメラによる計測を実施した。加えて、FE 解析と実測で得られた固有振動数を比較し、解析モデルの妥当性を検証した。

2 対象橋梁と計測概要

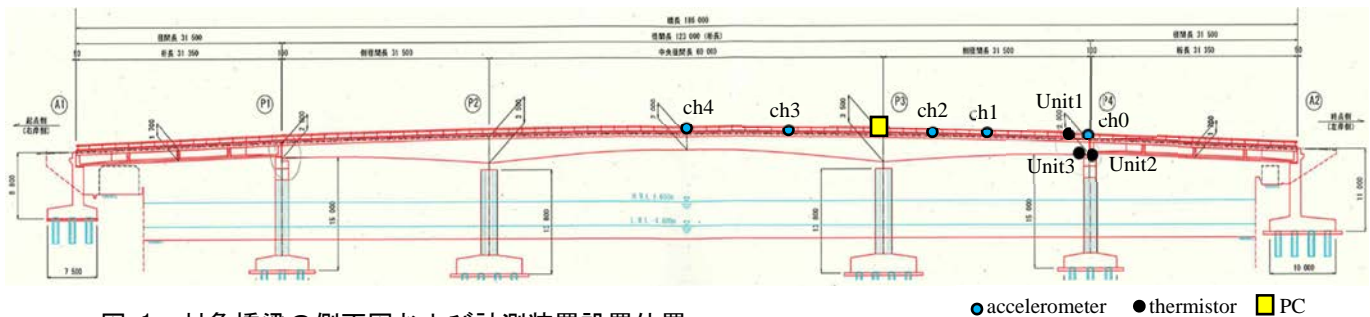


図 1 対象橋梁の側面図および計測装置設置位置

対象橋梁は、長崎市にある3径間連続 PC 箱桁部と2径間ポステン PCT 桁部から成る橋梁（橋長 186m、幅員 11m）である。橋体温度と外気温の計測、支承の撮影は2021年8月4日18時～8月5日10時、鉛直方向の加速度計測は2021年11月5日14時～16時の期間実施した。図1に対象橋梁および計測装置設置位置を示す。各計測装置は、サーミスタを P4 付近の桁上地覆と床版下面、桁下の計3点、サーボ加速度計を南南東側地覆部に5点、小型デジタルカメラを P4 地点の橋脚上に2点設置した。加速度計測に関してはサンプリング周波数 200Hz、10分間毎にデータを蓄積する連続計測を行った。また、支承撮影に関しては北北西側の支承を撮影した。

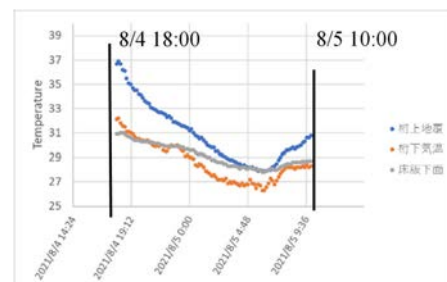


図 2 橋体温度分布



図 3 1本ローラー支承

3 温度分布と支承の挙動

温度変化に着目すると4日18時30分～5日6時まで温度が低下していることがわかる。図2より、18時30分～6時まで桁下の外気温の低下は5.3°C、桁上地覆部の温度低下は8.3°C、床版下面の温度低下は3.2°Cであった。また、カメラで撮影した画像を確認したところ、支承部には有意な挙動は見られなかったことから P4 地点の支承は機能が十分でない可能性がある。図3に支承の様子を示す。

キーワード 橋梁維持管理, 支承劣化, 振動計測, PC 橋, FE 解析

連絡先 〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学大学院工学研究科 TEL 095-819-2615

4 はり要素モデルを用いた支承固着およびプレストレス低下による固有振動数変化

FE 解析ソフト MIDAS Civil を使用し、梁要素でモデル化を行い、支承固着およびプレストレス低下に伴う固有振動数の変化を求めた。今回のモデルではアスファルト舗装、地覆、高欄、せん断鉄筋、床版横締および斜鋼棒は考慮していない。また、プレストレスの影響を固有振動数に反映させるため、緊張応力に伴って発生する各要素の断面力を算出し、算出した断面力を初期断面力として各要素に与え固有値解析を行った。ここでは緊張応力として 600N/mm^2 (設計荷重時の許容引張応力度) を与えた。支承に関しては、腐食が著しい P4 支点の支持条件を変えた。図 4 に 1 次から 7 次までの振動モード形状を示す。表 1 から、低次の方が支承固着による影響が大きいということが確認できた。また、表 2 から、プレストレス低下による固有振動数の変化率は小さいことが確認できた。

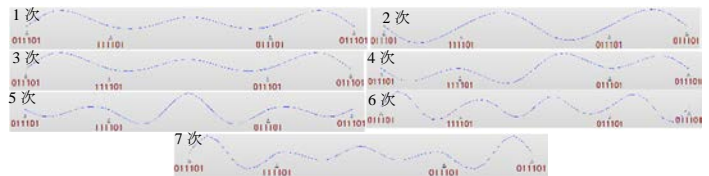


図 4 振動モード形状

表 1 支承固着による固有振動数変化 (解析)

面内	固有振動数 (Hz) ^①			変化率 (%) ^②	
	P4 ローラー (健全時)	P4 ピン	P4 固定	ローラー→ピン	ローラー→固定
1次	2.36 ^③	2.48 ^③	2.81 ^③	5.08 ^③	19.07 ^③
2次	5.21 ^③	5.69 ^③	5.76 ^③	9.21 ^③	10.56 ^③
3次	6.75 ^③	6.88 ^③	7.59 ^③	1.93 ^③	12.44 ^③
4次	8.72 ^③	8.81 ^③	9.66 ^③	1.03 ^③	9.73 ^③
5次	13.61 ^③	13.85 ^③	13.98 ^③	1.76 ^③	2.72 ^③
6次	18.63 ^③	18.63 ^③	19.09 ^③	0.00 ^③	2.47 ^③
7次	19.81 ^③	19.99 ^③	21.15 ^③	0.91 ^③	6.76 ^③

表 2 プレストレス低下による固有振動数変化 (解析)

面内	固有振動数 (Hz) ^①		変化率 (%) ^②
	600N/mm ²	0N/mm ²	
1次	2.36 ^③	2.39 ^③	1.27 ^③
2次	5.21 ^③	5.24 ^③	0.58 ^③
3次	6.75 ^③	6.77 ^③	0.30 ^③
4次	8.72 ^③	8.74 ^③	0.23 ^③
5次	13.61 ^③	13.65 ^③	0.29 ^③
6次	18.63 ^③	18.66 ^③	0.16 ^③
7次	19.81 ^③	19.84 ^③	0.15 ^③

5 加速度計測結果に基づく振動特性分析

2021 年夏季から秋季にかけて実施した橋梁地覆部鉛直報告の加速度計測に基づく、加速度計 ch0~ch6 の振動加速度データから AR モデル (抽出振動数上限 20Hz, AR 次数 80, 計測周期 30sec) により抽出した振動数の分布を図 5 に示す。縦軸は振動数、横軸は同定回数である。図 5 より、2.5, 5.3, 8, 12.5, 16, 18, 19.2Hz 付近に固有振動数が存在することがわかる。また、表 1 と比較して、FE 解析で得られた結果は、実際の振動数と近いことがわかる。

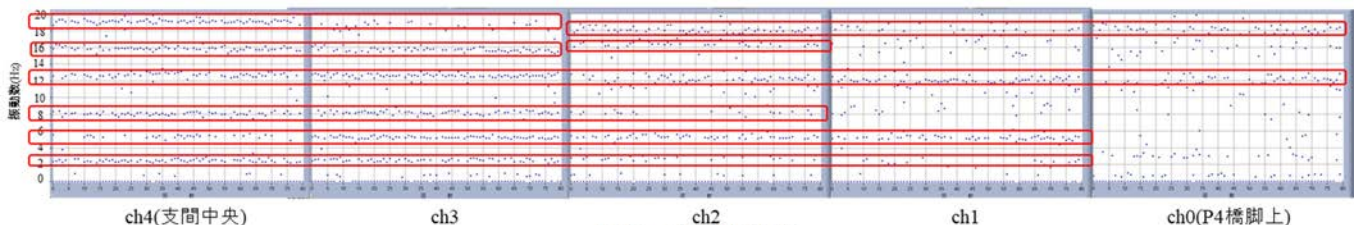


図 5 振動数分布

6 まとめ

本研究では、支承の腐食が進行している PC 橋の振動特性を推定するために加速度計測を実施し、設計図面をもとに作成した梁要素モデルの妥当性を検証した。また、橋体温度変化に伴う支承の挙動を把握するために小型デジタルカメラによる計測を実施した。その結果、得られた知見は以下のようである。

- (1) 振動特性として、2.5, 5.3, 8, 12.5, 16, 18, 19.2Hz 付近に固有振動数が存在することがわかった。
- (2) 今回の環境温度に基づく計測では、P4 支承の可動状況を確認することはできなかった。
- (3) 実測の分析結果と FE 解析の結果からモデルの妥当性が確認できた。

支承の詳細な変位計測等により現状における支承機能を評価する必要がある。また今後の支承取替による振動特性の変化に対しても検討を行う予定である。本計測に際し、長崎県道路維持課、長崎振興局にご協力を頂いたことを記して謝意を表す。

¹ 国立研究開発法人土木研究所構造物メンテナンス研究センター、一般社団法人プレストレスト・コンクリート建設業協会：撤去橋梁を用いた既設 PC 橋の診断技術高度化に関する共同研究報告書—振動測定による既設 PC 橋の異状検知に関する研究—, 平成 27 年 9 月