

健全度の異なる PC 単純中空床版桁橋の振動実験

Field vibration test on different soundness of PC hollow slab bridges

苫小牧工業高等専門学校創造工学科

正 員 松尾優子 (Yuko Matsuo)

苫小牧工業高等専門学校環境システム工学専攻

○学生員 三上颯太 (Souta Mikami)

北見工業大学工学部社会環境系

正 員 宮森保紀 (Yasunori Miyamori)

北海学園大学工学部社会環境工学科

正 員 小幡卓司 (Takashi Obata)

株式会社 安藤・間

正 員 澤田純之 (Sumiyuki Sawada)

1. はじめに

既設橋梁の老朽化は深刻な問題であり、2029年には建設後50年を越える橋梁が全体の52%を占めるといわれている。そのため、5年に1度の橋梁点検が義務付けられているが、近接目視等では劣化がある程度まで進行しなければ損傷を発見しにくいことが指摘されている。そこで現在、構造物の劣化・損傷を早期に把握するため橋梁にセンサを取り付け、継続的に監視する橋梁モニタリングシステムが提案されているが、維持管理業務の実用化にあたり計測データから劣化損傷等を判断するにはデータの蓄積等が必要であるといわれている。

そこで、本研究では苫小牧市内のPC橋を対象に、定期的に振動実験を行い一年を通じた振動特性の把握と健全度の違いによる影響を把握することを目的とする。

2. 橋梁概要

本研究の対象とした橋梁は北海道苫小牧市道に架かる「天龍橋」と「ワッカナイ小橋」で、構造型式はどちらもPCプレテンション単純中空床版桁橋である。天龍橋(図-1)は支間長16.86mで、竣工は昭和63年(1988年)である。ワッカナイ小橋(図-2)は斜橋で、支間長12.0mを有し、竣工は昭和55年(1980年)である。2015年の橋梁点検では、天龍橋は健全度Ⅱ(予防保全段階)、ワッカナイ小橋は健全度Ⅲ(早期措置段階)と判定されている。図-3に各橋梁の桁下の状態を示す。天龍橋では目立った損傷がないが、ワッカナイ小橋では幾つかの桁で白華現象が現れており、地覆部にもクラックが多く確認できた。

3. 実験概要

振動実験は、サンプリング周波数を200Hzとして鉛直方向(z方向)の加速度を計測した。加振方法は支間中央で数名が整列し1回跳躍する跳躍加振と、3Hzのメトロノーム音に合わせて駆け足を行う強制加振で、加振後の減衰自由振動を測定した。

加速度計(共和電業製AS-5GB)は、天龍橋では図-1に示すように路面の地覆付近と中心線付近に計12基、ワッカナイ小橋では路面にNo.22~24の3基と桁下に13基の計16基設置した(図-2)。

4. 実験結果

4.1 気温変化による固有振動数の変化

天龍橋は2021年4月~12月に実験を行い、気温変化

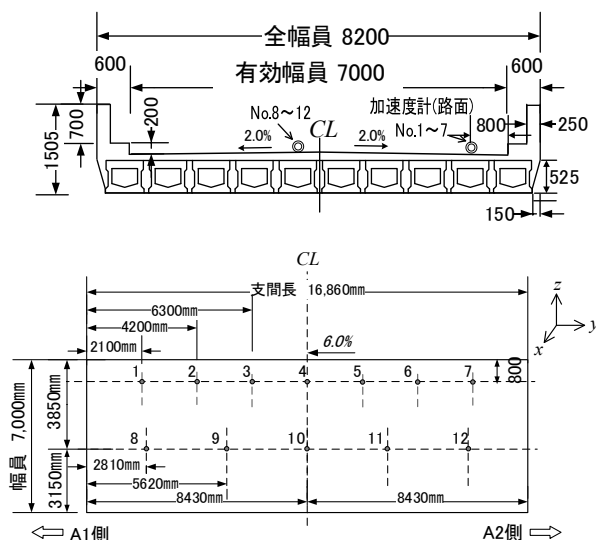


図-1 加速度計配置図(天龍橋)

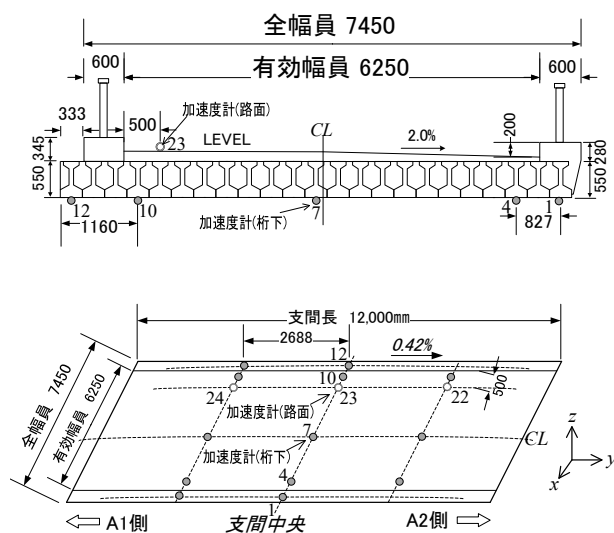


図-2 加速度計配置図(ワッカナイ小橋)



図-3 各橋梁の桁下の状態

による固有振動数の影響を調べた。振動実験から得られた加速度波形より、2048 データ(10.24 秒)を使用し FFT 解析を行った。FFT 解析より得られた 1 次固有振動数と気温の関係を図-5 に示す。ここで、図中における FEM 解析値とは有限要素法による解析結果を示しており、ヤング係数は温度によって変化するため、各気温におけるヤング係数 E をパラメータとして解析を行った。実験結果より、天龍橋の 1 次固有振動数は跳躍加振・強制加振ともに解析値と近い値を示し、気温が上昇するに伴い固有振動数はやや減少する傾向にあることが確認できた。

4.2 健全度の違いによる検討

健全度の異なる天龍橋とワッカナイ小橋の振動特性について比較する。各橋梁の FFT 解析結果を図-6、図-7 に示す。健全度Ⅱの天龍橋では明瞭なピーク点が得られたのに対し、健全度Ⅲのワッカナイ小橋では明瞭なピーク点が得られないデータが多くあった。

温度によって固有振動数は変化するため、同程度の気温下で行われた天龍橋(10 月 28 日, 気温 11.8℃)とワッカナイ小橋(11 月 5 日, 気温 13.8℃)の実験結果(固有振動数の平均値と変動係数)を表-1 に示す。表より、天龍橋は全体的にばらつきが小さく、その変動係数は跳躍加振で 0.0096、強制加振で 0.0093 であった。一方、ワッカナイ小橋は路面と桁下のいずれの加速度計においてもばらつきが大きく、変動係数は 0.0953 であった。

次に、次式の梁の振動方程式を用いて固有振動数の予測値を算出する。

$$f = \frac{\lambda_n^2}{2\pi l^2} \sqrt{\frac{EI}{\rho A}} \quad (1)$$

ここで、 f は固有振動数[Hz]、 λ_n は支点条件および各自モードにおける定数(ここでは $\lambda_n = \pi$)、 l は支間長[m]、 E はヤング係数[Pa]、 I は断面二次モーメント[m⁴]、 ρ は密度[kg/m³]、 A は断面積[m²]を示しており、ヤング係数 E はコンクリート標準示方書に示されている圧縮強度 60MPa の時の弾性係数 35GPa を用いた。また、著者らは以前、縦断勾配と固有振動数の関係について検討²⁾しており、その結果を考慮して縦断勾配 6%の天龍橋には(1)式より算出される値に 0.988 を乗じている。

実験値と予測値の比率を表-1 に示す。健全度Ⅱの天龍橋に比べ、健全度Ⅲのワッカナイ小橋の比率がやや低く、予測値と実験値の差異が大きくなった。

5. おわりに

本研究では、苫小牧市内の PC 橋の振動実験を行い、温度変化と健全度の違いによる振動特性の検討を行った。現在までに得られた知見を以下に示す。

- ・気温変化と固有振動数の関係は、気温が上昇すると固有振動数はやや減少傾向にあり、有限要素法による解析値に近い実験結果が得られた
 - ・ワッカナイ小橋の FFT 解析では明確なピーク点が得られないものが多く、固有振動数のばらつきも大きい
- 今後は定期的な振動実験を継続し、通年の振動特性の把握および健全度との関係性について検討していきたい。

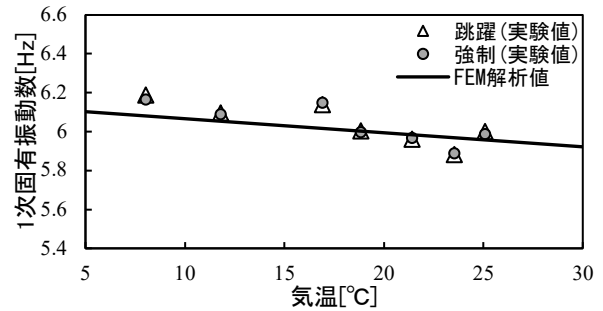


図-5 気温と 1 次固有振動数

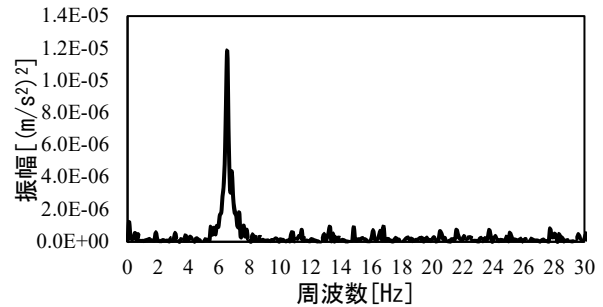


図-6 FFT 解析結果(天龍橋)

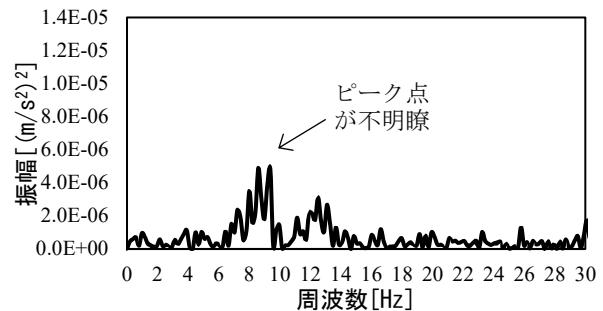


図-7 FFT 解析結果(ワッカナイ小橋)

表-1 1 次固有振動数と予測値の比較

	加振方法	実験値 [Hz]	変動係数	予測値 [Hz]	実験値/予測値
天龍橋	跳躍	6.10	0.0096	6.13	0.995
	強制	6.09	0.0093		0.993
ワッカナイ小橋	跳躍	9.89	0.0953	10.08	0.981

謝 辞

本研究の振動実験に際しては、苫小牧市にご協力をいただきました。ここに記して感謝いたします。

参考文献

- 1) 吉中正滋, 宮森保紀, 大胡拓矢, 富岡昭浩, 宮下剛: 長期モニタリングによる鋼鉄桁橋の部材温度が動的特性に与える影響, 土木学会北海道支部, 論文報告集, 第 76 号
- 2) 松尾優子, 三上颯太, 森下傑彦, 宮森保紀, 小幡卓司: 縦断勾配 6%を有する PC 単純中空床版桁橋の振動特性