

# 測定と数値解析による既存多径間コンクリート桁橋の固有振動数の評価

愛媛大学 学生会員 ○江見 和泰  
愛媛大学 フェロー 森 伸一郎

## 1. はじめに

本研究では、昭和5年に建設された YGW 橋を対象に、打撃振動測定を実施した。さらに、有限要素法を用いた固有値解析を実施し、測定結果と比較することで固有振動数の評価を行った。客観的な損傷評価法として打撃振動試験法の適用性に関する研究を行った。

## 2. 対象橋梁概要

YGW 橋は愛媛県の一級河川に架かる 18 径間の橋長 236.7 m の道路橋で、昭和5年に建設された RC 橋梁で昭和31年に上流側の桁(G5)が拡幅されている。図-1に YGW 橋の側面図、断面図を示す。なお、本研究では径間 1~5 (単純桁) を調査対象とした。

## 3. 上部工径間の打撃振動測定

対象となる5径間の固有振動特性を知るために、振動測定を実施した。MC (橋軸線と支間中心線の交点)、MS (桁側端の支間中心) の計2か所を車両が走行していないときにかげやで打撃した。MC 打撃は1次曲げモード、MS 打撃は1次ねじれモードの励起を意図した打撃である。

速度計は地覆上に設置し、風よけを被せた上に重りを置いた。測定には3成分の感震器とAD変換器が内蔵された0.5~18 Hz で平坦な利得の動コイル型速度計 GEODAQS を用いた。AD周波数は200 Hz とする。打撃3秒前から20.48秒間を抽出して高速フーリエ解析を行い、フーリエスペクトルを求めた。

図-2に径間1の速度時刻歴を示す。図-3に径間1のMC、MS 打撃時の3成分のフーリエスペクトルを示す。卓越振動数を低次から読み取り、その消長を確認することで、卓越振動数に対応する振動モードを特定した。MC 打撃時には1次として18 Hz に鉛直、橋軸方向成分のピークが明瞭

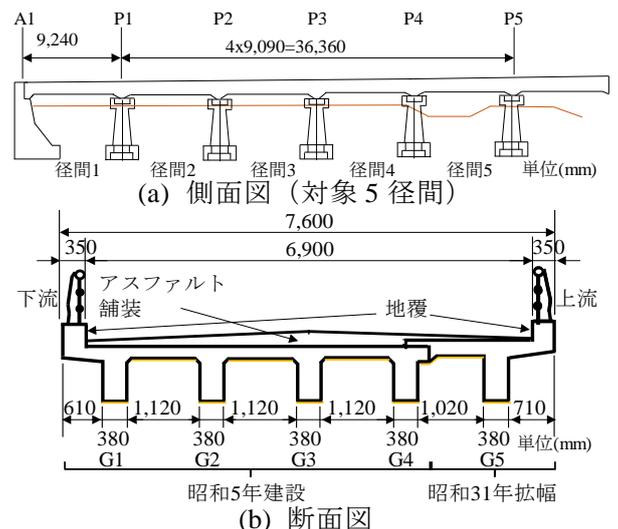
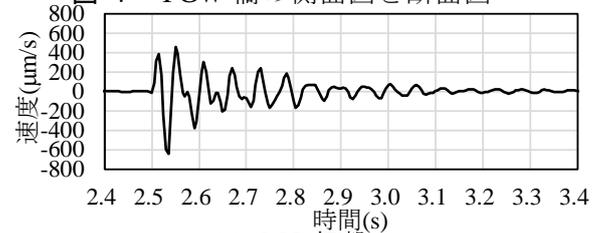
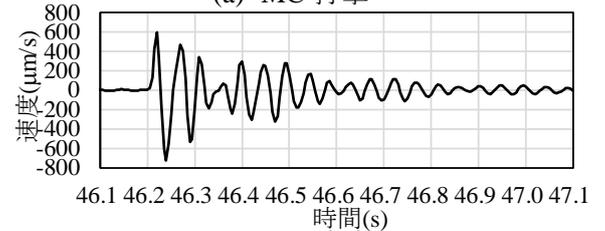


図-1 YGW 橋の側面図と断面図

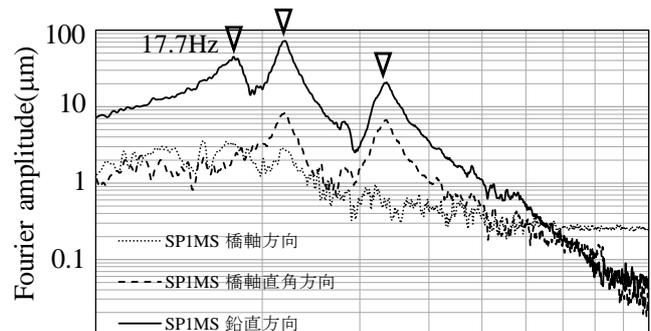
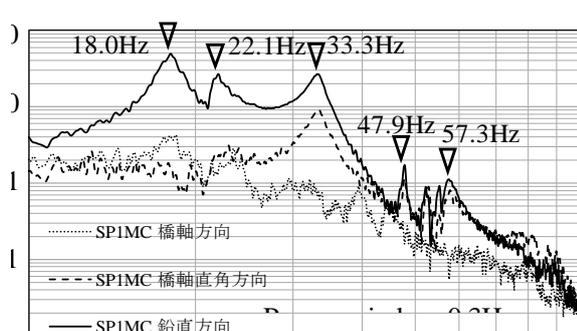


(a) MC 打撃



(b) MS 打撃

図-2 速度時刻歴



に現れ、橋軸直角方向成分のピークは現れないため1次曲げモードと特定できる。MS 打撃時では2次として22 Hzに鉛直、橋軸、橋軸直角方向成分のピークが明瞭に現れており、1次ねじれモードと特定できる。

次に、表-1 に径間ごとの固有振動数の変化を示す。1次振動数は、径間2, 3, 4では20 Hz前後であるのに対して、径間1, 5では18 Hz前後であり相対的に低い固有振動数である。同じ構造にも関わらず径間により固有振動数に差が認められた。これは部材剛性の差に起因すると考えられる。

#### 4. 超音波測定による主桁のP波速度の測定

5本の主桁コンクリートに対して透過法による超音波測定を行った。主桁下部から20 cmの高さに、計6測点を設け、測点では3回測定した。5(本) × 6(測点/本) × 3(回/測点) = 90個の平均値を径間の平均P波速度とした。

表-1 に併せて超音波測定による径間平均P波速度を示す。径間により3.4~3.8 km/sの違いがあった。

#### 5. 径間ごとの振動数と径間平均P波速度の相関

図-4 に径間平均P波速度と振動測定による1次固有振動数を示す。両者には相関係数0.8という高い正の相関が認められた。このことは、振動測定による径間の1次固有振動数には、径間の主桁の30測点の平均P波速度、言い換えれば、主桁の平均ヤング係数を総合した特性が反映されていることが実証された。振動測定は、径間の平均的なコンクリートの材料物性を評価できることがわかった。

#### 6. 数値解析

振動測定結果と比較のため、FEM解析ソフトABAQUSを用いた3Dモデルによる数値解析を実施した。解析対象で上部工と主桁、床板下部の補強鋼板をモデル化し、高欄やアスファルト舗装は無視した。モデルの要素数は13,996

である。表-2 に使用した物性(径間1)を示す。境界条件は一端を橋軸直角方向軸回り回転のみ自由、他端を橋軸直角軸回り回転と橋軸方向並進を自由とした。

図-5 に作成したFEMモデルと解析した固有振動モードを示す。表-3 に解析と測定による固有振動数を示す。解析1次の1次曲げモードではモード形は一致し、固有振動数の差はわずか3%であり、1次曲げモードでは測定結果は数値解析とも整合した。解析2次の1次ねじれモードはモード形は一致したが固有振動数の差は20%である。一方、解析3次、5次は差は20%あるのに対して4次では1%である。これらの原因究明は今後の検討課題である。

#### 7. 結論

- (1) 径間ごとの1次固有振動数(1次曲げ)と主桁の平均P波速度に相関係数0.8の高い相関が認められた。これより、振動測定は、径間の平均的なコンクリートの材料物性を評価できることがわかった。
- (2) 測定から得られた1次振動モード(1次曲げ振動)が、3D-FEM解析による1次固有振動のモードと固有振動数(3%の差)の両面で一致した。主桁コンクリートの平均的な物性を持つ3D-FEMモデルの振動特性を振動測定で評価できることがわかった。

表-1 径間ごとの振動数と平均P波速度

径間	1	2	3	4	5
P波速度Vp(km/s)	3.6	3.7	3.8	3.8	3.4
1次振動数(Hz)	18.0	20.0	18.8	20.0	17.9

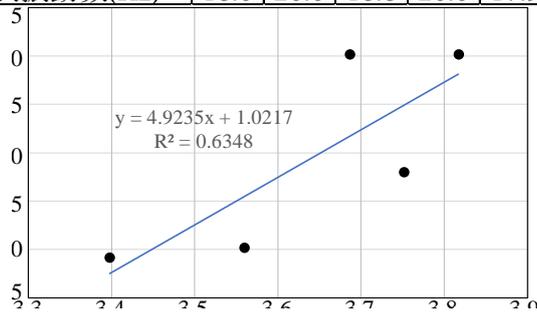


図-4 P波速度と1次振動数の相関

表-2 FEMモデルの物性

	RC	鋼板
ヤング係数(N/m <sup>2</sup> )	2.74x10 <sup>10</sup>	2.05x10 <sup>11</sup>
質量密度(kg/m <sup>3</sup> )	2,400	7,850
ポアソン比	0.2	0.3
要素数	13,996	

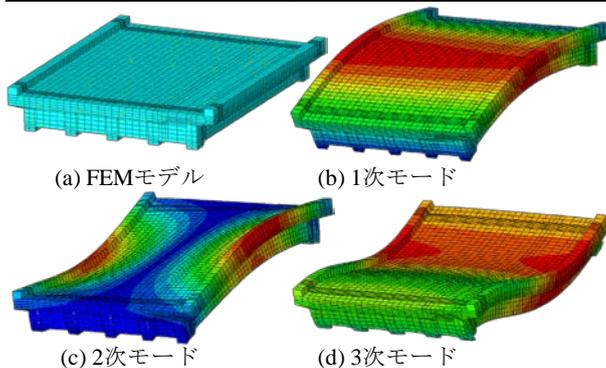


図-5 FEMモデルと振動モード

表-3 実測値とFEM解析値

次数	振動モード	振動数f(Hz)		比
		振動測定	FEM解析	
1	1次曲げ	18.0	17.6	1.03
2	1次ねじれ	22.1	27.6	0.80
3	伸縮2次曲げ	33.3	41.2	0.81
4	水平1次曲げ	47.9	47.2	1.01
5	1次反り	57.3	47.6	1.21