

## 大桁高・長支間を有する波形鋼板ウェブ橋の実橋での挙動検証

三井住友建設(株) 正会員 ○高岡 怜  
 西日本高速道路(株) 正会員 大城 壮司  
 三井住友建設(株) 正会員 野並 優二

キーワード：波形鋼板ウェブ橋，振動実験，ひずみ計測

### 1. はじめに

安威川橋は波形鋼板ウェブ箱桁橋として世界最大規模の支間長179m，桁高11.5mを有する橋梁である。本橋は波形鋼板ウェブのせん断分担率が高く，施工前に通常規模の橋梁と同様の設計手法の適用性について実験・解析で検証している。そのため，本橋が設計で想定している挙動を示すことを検証するために，施工時の常時計測および完成後の振動実験を行った。

静的な荷重に対する挙動の確認として，張出し施工中の波形鋼板ウェブのひずみを計測し，想定したせん断応力度との比較を行った。また，動的な挙動の確認として完成後に振動実験を行い，振動特性が従来の橋梁と同様であることを確認した。本稿では，ひずみの常時計測と振動実験について報告する。

### 2. 橋梁概要

図-1に橋梁一般図，図-2に断面図を示す。

工事名：新名神高速道路 安威川橋 (PC上部工) 工事  
 支間長：上り線 50.4+120.0+179.0+99.5+3@50.0+33.9m  
 下り線 65.4+142.0+170.0+120.5+44.4m  
 有効幅員：9.760m (暫定系) 16.010m (完成形)

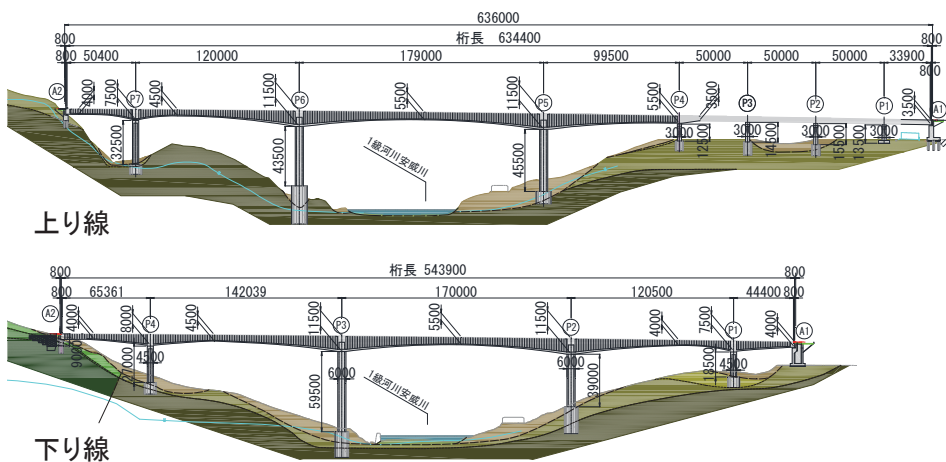


図-1 橋梁一般図

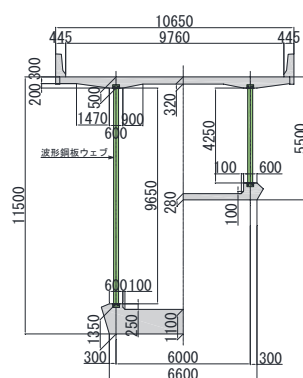


図-2 断面図

### 3. 静的な荷重に対する挙動の確認

#### 3.1 計測項目

計測項目を表-1に示す。波形鋼板ウェブで発生するせん断応力は，張出し施工中の波形鋼板ウェブのひずみを計測し，その計測値から推定した。計測期間は張出し施工開始から閉合までとした。また，鋼板の温度による発生ひずみを確認するため，波形鋼板と同規格の100mm×100mmの鋼板を桁内に存置

し、ひずみを計測した。

表-1 計測項目

項目	目的	計測器	計測数
波形鋼板ウェブひずみ	鋼板せん断ひずみの確認	3軸ひずみゲージ	5点/1断面×3断面=15計 15×3軸=45点
鋼板温度	温度変化によるひずみ補正	熱電対	鋼板 上下/各1点
外気温	外気温変化の確認	熱電対	1点
鋼板ひずみ	温度による発生ひずみの確認	1軸ひずみゲージ	1点

### 3.2 計測位置

計測位置を図-3に示す。計測場所は上り線P6の起点側とし、鋼板ひずみは発生せん断力が大きい柱頭部付近において計測した。また、ひずみゲージは桁外側には設置せず、裏打ちコンクリートが打設されるため本塗装が施されない桁内側のみとした。なお、柱頭部ブロックの裏打ちコンクリートは施工済であったため、1BL鋼板ウェブを計測点としている。計測点は高さ方向に5点とし、3断面において計測した。本検討では、柱頭部横桁と上下床版によるせん断変形の拘束の影響が小さく、レザール効果<sup>1)</sup>による作用せん断力の低減量が断面全体に分布していると考えられる断面③に着目した。

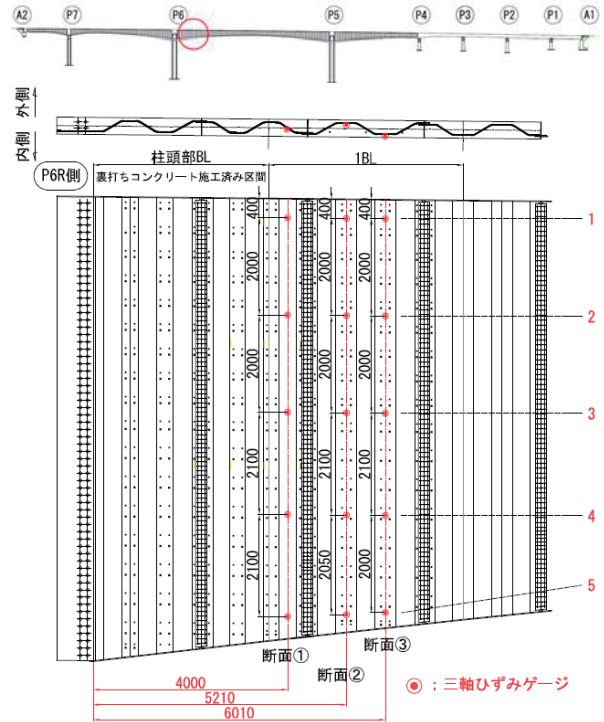


図-3 計測位置

### 3.3 計測結果

図-4, 5は、波形鋼板ウェブで計測した各断面の高さ位置3のひずみ値からロゼット解析によりせん断応力度を算出したものと、計算値を比較したものである。波形鋼板のせん断応力度の計算値には、レザール効果と波形鋼板のせん断分担率を考慮している。柱頭部付近となる断面①では、上床版に近いほどレザール効果の影響が薄くなり、同じ断面でも計測点によってせん断応力度にばらつきが生じていると考えられる(図-4)。ある程度柱頭部から離れている断面③では、レザール効果が断面全体に伝達していると考えられるため、せん断応力度はほぼ一様であった(図-5)。計算値と計測値に

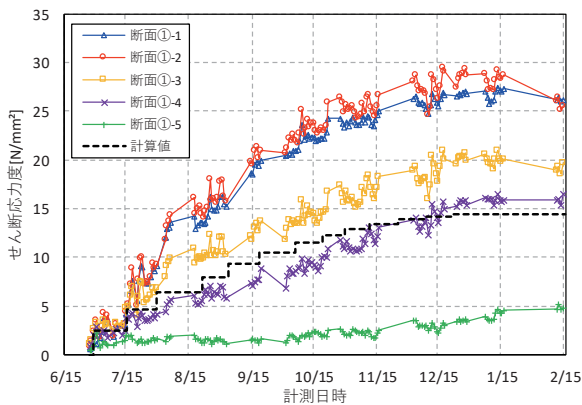


図-4 波形鋼板せん断応力度 (断面①)

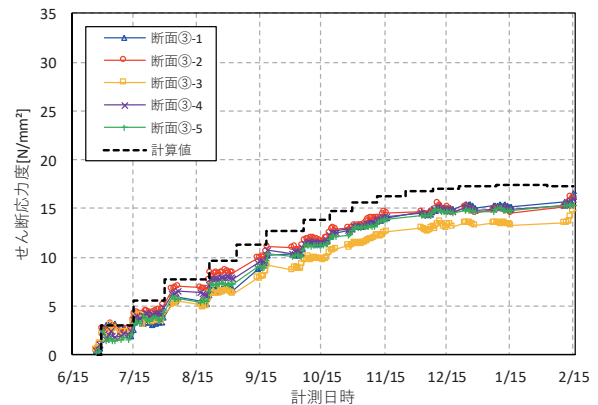


図-5 波形鋼板せん断応力度 (断面③)

差が生じているが、本計測は桁内側の片面での計測であるため波形鋼板パネルに発生する面外変形の影響が計測値に反映されていることが要因と考えられ、以下に示す方法で補正した。

軸方向力が断面に作用すると、図-6に示すように面外方向に波形鋼板パネルが変形する<sup>2)</sup>。この面外変形の影響を式(1)により考慮した。また、ロゼット解析の式から式(1)を考慮し、桁内外で打ち消される橋軸方向ひずみを0とした式(2)からせん断応力を算出した。その結果、断面③において設計値と計測値が概ね一致することを確認した(図-7)。

$$\varepsilon_3^* = \varepsilon_3 - \varepsilon_1 \times \cos 45^\circ \quad (1)$$

$$\tau_{max}^* = \frac{E}{2(1+\gamma)} \sqrt{2\{(\varepsilon_3^*)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3^*)^2\}} \quad (2)$$

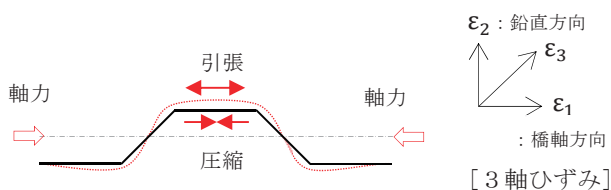


図-6 面外変形による影響

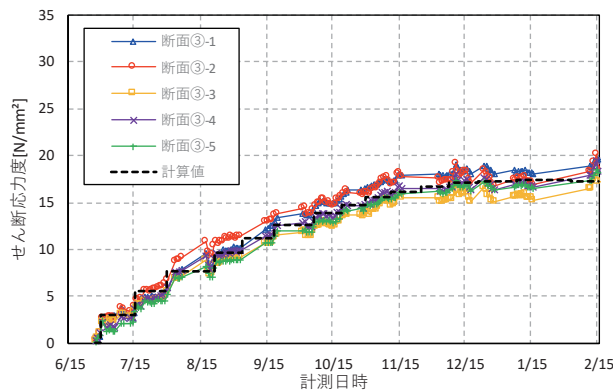


図-7 波形鋼板せん断応力 (断面③) 面外変形考慮後

#### 4. 動的な荷重に対する挙動の確認

##### 4.1 計測項目

本橋の固有振動数および減衰定数などの振動特性を把握するため、車両踏台落下法および車両急停止法による加振を行い、橋面に設置した加速度計で振動計測を行った。表-2に計測項目を示す。車両はラフテレーンクレーン(車両重量38.9t)を使用した。最大支間となる上り線のP6-P5径間に着目し、鉛直曲げ・ねじり・橋軸方向振動モードを励起するように加振した。図-8に加振位置と計測位置を示す。

表-2 計測項目

ケース	加振位置	着目	加振方法
1	L/2	面内曲げ (対称モード)	落下 H=200mm
2	L/4	面内曲げ (逆対称モード)	落下 H=200mm
3	L/2 (下流側偏心)	ねじり	落下 H=200mm
4	P6橋脚上	橋軸方向曲げ	急停止

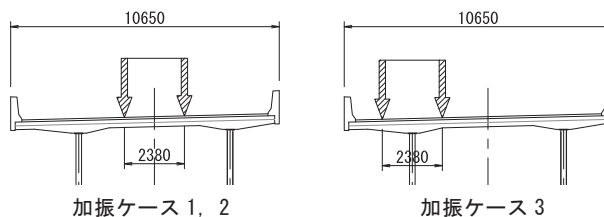
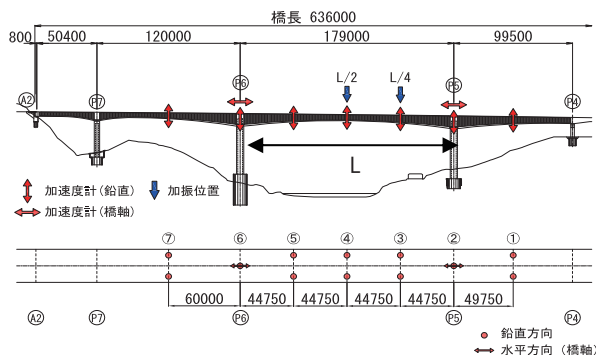


図-8 加振位置と計測位置

##### 4.2 固有値解析

振動実験に先立って、図-9に示すような3次元骨組モデルを用いて固有値解析を行った。曲げ剛性と断面積には壁高欄を考慮し、舗装は重量のみを考慮した。また、加振による支承の変形は微小のため、支承の製品工場であらかじめ行われた

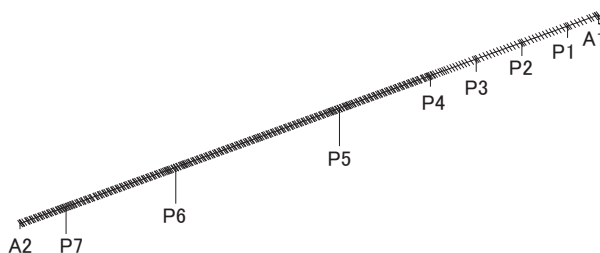


図-9 固有値解析モデル

せん断剛性試験の微小変形時の結果から支承のばね値を設定して解析した。なお、主桁の剛性には波形鋼板のせん断変形を考慮した場合と無視した場合の両方について解析を行った。解析に使用したコンクリートの静弾性係数は、主桁には実際に現場で打設したものを、橋脚には設計値を使用した。

### 4.3 解析値と実験値の比較

各載荷ケースの計測値からスペクトル解析を行い、固有振動数とモード形状を算出した。減衰については、自由振動波形から減衰定数を算出した。

表-3に実験と解析の固有振動数比較を示す。固有振動数は、せん断変形を考慮した解析値と良く一致した。一方、減衰定数は振幅依存性があり、今回の車両を用いた振動実験では橋梁の規模に対して加振力が小さかったため、減衰が小さい値となった。

各振動モードに対して計測から得られた振動モードを図-10に示す。実験値と解析値はよく一致しており、本橋梁の規模でも従来と同様の振動解析手法が適用可能であることが確認できた。

表-3 実験および解析結果

	固有振動数 (Hz)			減衰定数
	実験値	解析値		
		せん断変形考慮	せん断変形無視	実験値
対称1次	1.17	1.12	1.22	0.0055
橋軸1次	1.37	1.29	1.32	0.0046
逆対称1次	1.83	1.76	2.30	0.0041
逆対称2次	2.34	2.28	2.66	
逆対称3次	2.93	2.76	3.36	
ねじり	3.74	3.86	3.86	0.0052

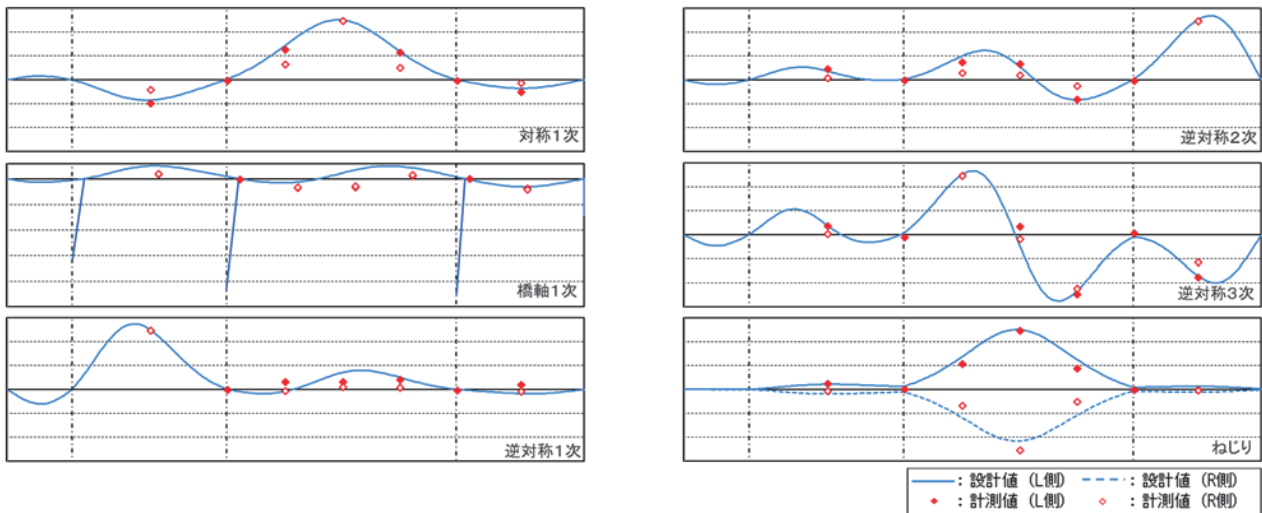


図-10 計測された振動モード形状

### 5. まとめ

静的な荷重に対する挙動の確認では、本橋のような桁高が高い波形鋼板ウェブ橋においてもせん断応力度を精度よく評価できたため、従来規模の橋梁と同様の手法で波形鋼板のせん断分担率とレザール効果を考慮して良いことが確認できた。

また、動的な荷重に対する挙動の確認でも、従来の手法どおり主桁のせん断変形を考慮した固有値解析を行うことで、固有振動数、振動モードを精度よく評価可能であることが確認できた。

### 参考文献

- 1) 水口和之, 芦塚憲一郎, 佐藤幸一, 桜田道博: 本谷橋(波形鋼板ウェブ変断面箱桁橋)のたわみに関する検討, プレストレストコンクリート技術協会第9回シンポジウム論文集, 1999. 10
- 2) 黄玲, 彦坂熙・小嶺啓蔵: 波形鋼板ウェブのアコーディオン効果の二次元モデルとその適用性, 応用力学論文集, 2002. 08