

I - 21

銀山御幸橋（松の木7号橋・波形鋼板ウェブPC箱桁橋）の振動特性について

秋田県 土木部 道路建設課 石黒 亙
 ドーピー建設工業(株) 技術センター 正会員 ○ 立神 久雄
 ドーピー建設工業(株) 東北支店 正会員 村田 嘉宏

1. はじめに

本橋は、ウェブに波形鋼板を用いたコンクリートと鋼の合成断面を有する5径間連続PC箱桁橋である。橋長は210.0mで、支間は27.4m、3@45.5m、44.9mである（図-1）。上床版と下床版はコンクリート製とし、ウェブ部材に波形鋼板を用いた合成構造である（図-2）。本橋梁形式は、海外で数橋、日本国内ではまだ2橋目であり、特に、本橋は本格的な連続桁としての道路橋では日本国内で初めてとなる。

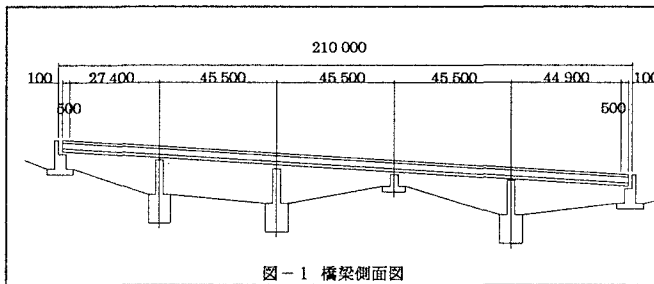


図-1 橋梁側面図

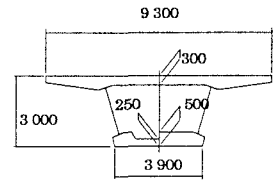


図-2 橋梁断面図

2. 振動実験目的

本形式橋梁の動的挙動については、本田ら¹⁾の波形鋼腹板桁の基礎研究、加藤ら²⁾の振動測定以外に殆ど研究されていないのが現状である。そこで、以下の項目について実験を実施した。

- ①波形鋼板構造特有の振動特性の検証。
- ②車両走行時の外ケーブルの振動特性の検証。
- ③車両走行時の外ケーブルの共振性の検証。
- ④動的増幅率（衝撃係数）の検証。

3. 固有値解析

固有値解析を行うための構造物の力学的モデルは、主桁と外ケーブルを考慮した3次元骨組みモデルとし、次のような仮定に基づいている。

- ①モデルは、質点モデルとする。 ②縦断線形を考慮する。
- ③曲げ剛性は、上下コンクリート床版のみとする。
- ④せん断剛性は、せん断変形を考慮する。
- ⑤ねじり剛性は、偏平度を考慮したものをを用いる。
- ⑥外ケーブルをモデル化し、その張力を考慮する。

上記の④⑤については、筆者らの研究成果に基づき決定している。以下に、その概要を示す。

(1) せん断剛性評価

筆者らの静的解析から、本形式の橋梁の変形量は曲げ変形量とせん断変形量の合計として与えられるものである。また、荷重がどんな形（集中荷重・分布荷重）であろうが、波形鋼板の実長を考慮することでせん断変形量の評価方法を提案している。そのせん断剛性の評価式を(1)に示す。

(2) ねじり剛性評価

$$GA = G \cdot h \cdot \bar{t} \quad \dots \quad (1)$$

ここに、 $\bar{t}$: 波形鋼板の換算板厚 ($= \gamma \cdot t$)

t : 波形鋼板の厚さ

γ : 修正係数 ($= \frac{L}{\Sigma \lambda} = 0.933$)

L : 波形鋼板の水平長さ

$\Sigma \lambda$: 波形鋼板の実長

$$J_r = \frac{4A_s^2}{\left(\frac{h_1}{n_1 \cdot t_1 \cdot (1+\alpha)} + \frac{h_2}{t_2 \cdot (1-\alpha)} + \frac{h_3}{n_3 \cdot t_3 \cdot (1+\alpha)} + \frac{h_4}{t_4 \cdot (1-\alpha)} \right)} \quad \dots \quad (2)$$

$$\alpha = 0.400 \cdot \frac{h_1}{b_1} - 0.060 \quad \dots \quad (3)$$

ここに、 J_r : ねじり定数

A_s : ボックス断面積 ($= b_1 \cdot h_1$)

b_1 : 波形鋼板中心幅

h_1 : 床版中心高

n_1 : G_s / G_c

G_s : 鋼のせん断弾性係数

G_c : コンクリートのせん断弾性係数

α : 修正係数

せん断剛性評価と同様に、筆者らは静的解析から、せん断変形に敏感な波形鋼板の高さの影響、つまり、箱断面形状の偏平度の影響を考慮できる、ねじり剛性の評価式を提案している。そのねじり剛性の評価式を(2)(3)に示す。

4. 振動実験結果および考察

(1) 主桁の振動特性

本橋の振動特性の計測結果と固有値解析結果の比較を表-1に、固有振動モードを図-3に示す。計測による本橋の減衰定数 h は、0.01~0.02であり、本橋(波形鋼板ウェブPC箱橋)は、鋼橋とプレストレストコンクリート橋の間の振動特性であると考えられる。

表-1の固有振動数の比較表から解るように、鉛直モードはせん断変形の影響が非常に大きい。また、ねじりモードに関しては、箱断面形状の偏平度の影響を考慮したねじり剛性とそうでないものでは、あまり大きい差は生じていない。これは、本橋の断面形状の偏平度があまり大きくないからであると考えられる。

(2) 外ケーブルの振動特性

外ケーブルの卓越振動数は、主桁の卓越振動数に比べ大きい値を示しており、橋梁と外ケーブルは共振しない事が確認された。

また、外ケーブル振動による定着部およびデビエータ部付近のケーブルの局部曲げ応力については、疲労が問題となる応力変動ではないと考えられる。

(3) 動的増幅率(衝撃係数)

本橋の動的増幅率は、道路橋示方書におけるPC橋の衝撃係数より若干大きめの値を示している。これは、実験車両1台における値であるため、現在は、設計活荷重と同様の連行荷重を考慮したシュミレーション解析を行っている途中であり、この結果が出しだい設計衝撃係数との比較をおこない、報告したい。

【参考文献】

- 1) 本田・秋葉・水木：振動実験に基づく波型鋼腹板桁の動的特性に関する基礎研究、鋼構造年次論文報告集、第1巻、pp337~344、1993年7月
- 2) 加藤・佐藤・吉田・久保：波形鋼板ウェブ橋梁(新開橋)の振動測定、土木学会年次論文報告集、第1巻、pp1160~1161、1994年9月

表-1 主桁の固有振動数

解析タイプ	TYPE1	TYPE2	TYPE3
せん断変形	考慮	考慮	考慮しない
ねじり剛性	主桁偏平度考慮	主桁偏平度考慮しない	主桁偏平度考慮

	固有振動数(Hz)				比較			減衰定数
	実験値(A)	TYPE1(B)	TYPE2(C)	TYPE3(D)	(A)/(B)	(A)/(C)	(A)/(D)	
鉛直1次モード	2.861	2.923	2.924	3.168	0.979	0.978	0.903	0.0215
鉛直2次モード	3.203	3.303	3.313	3.737	0.970	0.967	0.857	0.0240
鉛直3次モード	3.772	3.848	3.863	4.696	0.980	0.976	0.803	0.0146
鉛直4次モード	4.330	4.325	4.331	5.726	1.001	1.000	0.756	0.0114
鉛直5次モード	—	6.676	6.660	9.006	—	—	—	—
ねじり1次モード	5.750	5.925	5.698	5.922	0.970	1.009	0.971	—
ねじり2次モード	—	6.220	5.995	6.218	—	—	—	—
ねじり3次モード	—	6.706	6.496	6.704	—	—	—	—
ねじり4次モード	6.980	7.196	6.894	7.191	0.970	1.012	0.971	—
ねじり5次モード	7.964	8.013	7.472	8.008	0.994	1.066	0.995	—

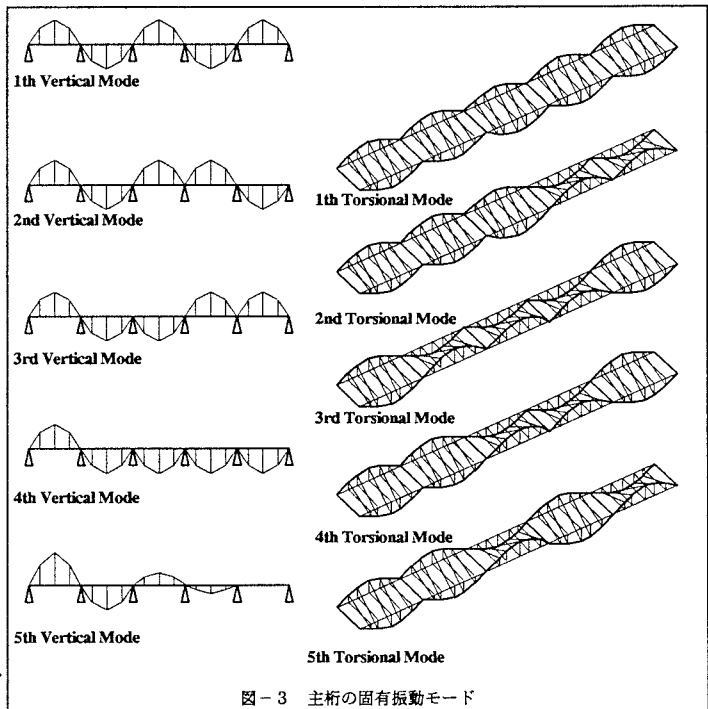


図-3 主桁の固有振動モード