

陣ノ谷川橋（PC床版二主桁橋）の耐風性検討

駒井鉄工 正会員 ○木場和義 日本道路公団 望月俊明
 駒井鉄工 正会員 細見雅生 日本道路公団 和崎宏一

1. まえがき

陣ノ谷川橋は、静岡県浜松市の北部に位置し、第二東名高速道路の一部をなす橋梁である。最大支間長 65m、有効幅員 16.5m を有する PC 床版二主桁橋として計画されている。断面一般図を図-1 に示す。従来の 2 車線幅員を有する二主桁断面と比較すると、空力特性に影響を及ぼす因子として、以下の特徴があげられる。

- ・幅員が比較的広く、従来の二主桁断面よりも扁平な断面形状となる。
- ・並列橋として計画されており、橋軸方向に桁中心間隔が変化する。
- ・高欄形状が、それまで風洞試験を実施されたことのない複合型防護柵(半壁高欄)である。

上記より、本橋は従来の二主桁橋と異なる空力特性を示す可能性が高いと考えられ、耐風安定性に関する検討を行った。

2. 風洞試験

風洞試験は、断面寸法、幅 3m×高さ 10m、最大風速 28m/s の風洞で実施した。模型には、縮尺 1/35 の二次元部分模型を用いて、たわみ振動とねじれ振動の 2 自由度独立支持系の振動系を再現した。模型の諸元を表-1 に示す。

風洞試験結果として、本橋の特徴である並列状態の結果について述べる。図-2 に並列状態における応答特性を示す。フラッターは単独状態よりも安定化される傾向にあり、桁中心間隔 20m の場合にはその傾向が顕著である。ギャロップング振動については発生していない。

図-3 には、代表的な振動現象としてたわみ渦励振に関する特性を示す。たわみ渦励振は単独状態の場合と同様に 40～50m/s 程度の風速で発生する。単独状態と比較すると、桁中心間隔 20m の場合にはやや安定化される傾向にあるものの、その他の桁中心間隔の場合には風下桁が著しく不安定化される傾向にある。特に桁中心間隔 40m の場合が、最も厳しい条件となる。ねじれ渦励振も単独状態の場合と同様に 30m/s 程度の風速で発生するが、並列状態の条件による不安定化傾向はない。

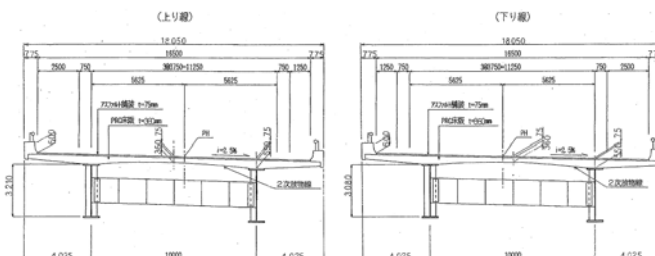


図-1 陣ノ谷川橋 断面一般図

表-1 風洞試験模型の諸元（模型長：2.7m）

項目	実橋値/換算値	計画値	実験値
縮尺	—	1/35	1/35
単位長さ質量	2.924 ton・s ² /m ²	2.387 kg・s ² /m ² (±0.0477 kg・s ² /m ²)	2.387 kg・s ² /m ²
単位長さ剛性モーメント	78.547 ton・s ²	0.0522 kg・s ² (±0.00104 kg・s ²)	0.0515 kg・s ²
振動数	たわみ	1.361 Hz	—
	ねじれ	1.588 Hz	—
振動数比 (ねじれ/たわみ)	—	—	—
	—	1.167 (±0.0583)	1.196
風速率	たわみ	—	10.3
	ねじれ	—	10.0
構造減衰 係数減衰率	たわみ	0.02±0.005	0.02 ^{*1}
	ねじれ	0.02±0.005	0.02 ^{*2}

*1:模型片振幅 2.6mm 桁幅 0.5% における値 *2:ねじれ片振幅 0.5° における値

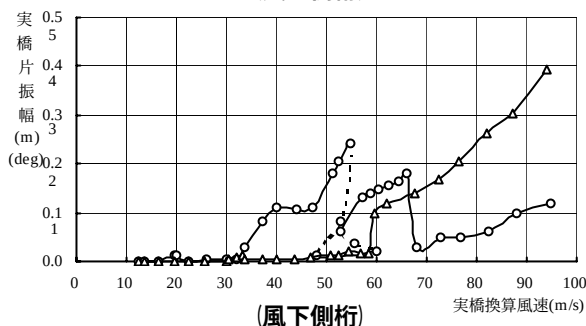
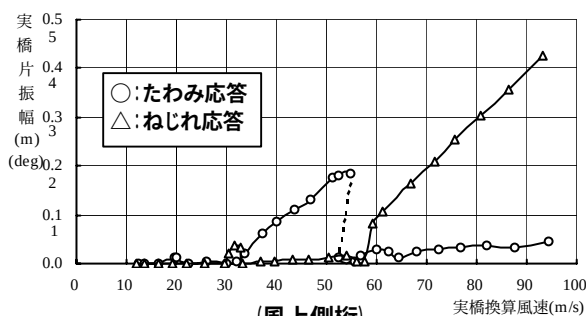
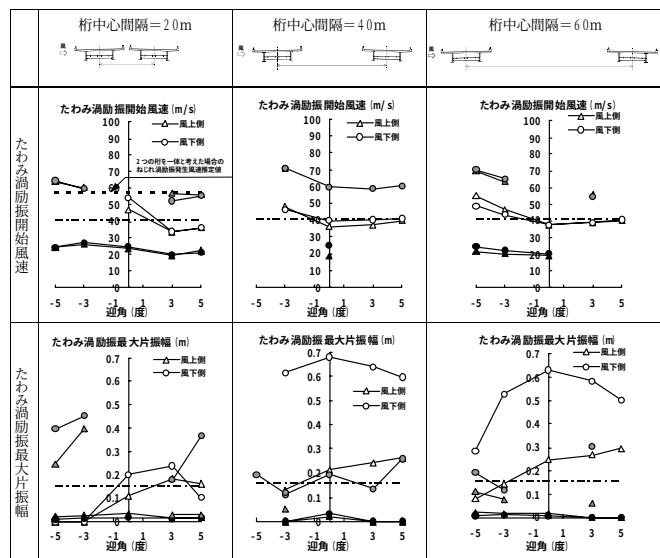


図-2 応答試験結果
 (並列：間隔 20m、一様流、 $\delta=0.02$ 、迎角 3°)

キーワード 2 主桁橋、風洞試験、耐風性、渦励振

連絡先 〒555-0041 大阪府大阪市西淀川区 2-5-1 駒井鉄工（株） 技術研究室 TEL06-6475-2112

図-3 渦励振特性（並列、一様流、 $\delta=0.02$ ）

3. 許容振幅の設定

FEM 固有振動解析結果より、照査対象となるたわみ振動（5 次モード）における発生応力度を検討し、構造の限界状態に対応する応力度と振動振幅の関係から許容振幅を推定した。応力度の検討は、振動モードの変位が大きい第 2 径間（P1～P2, 65.0m）の床版表面および主桁下フランジにおける橋軸方向応力度に着目して行った。主要部材の状態の変化に着目して、振動振幅を整理したものを表-2 に示す。

風による限定振動に対する許容振幅は、便覧では低風速域での振動発生を想定して、使用性に対する許容振幅として、振動加速度で 100gal に相当する振幅を規定している。一方、設計風速付近の発生確率の低い高風速域で振動する状態に対しては、構造的な限界から許容振幅を設定する考え方もある。本橋における許容振幅は、後者の考え方から、構造的な限界に対する許容振幅として設定した。本橋の構造的な限界は、床版表面に鋼材腐食に対する許容ひび割れ幅（本橋の条件では 0.14mm）を生じる状態と考え、許容振幅として 250mm を設定した。応答図(図-4)では、モード形状補正係数 1.3 を考慮して、192mm(=250/1.3)を示している。

4. 耐風安定性の評価

本橋においては、耐風設計上支配的となる振動現象がたわみ渦励振であることから、この振動現象に対する照査条件を表-3 に整理した。並列状態の場合、最も不安定になる桁中心間隔 40m の場合に対して、応答図と照査風速および許容振幅を比較した結果(図-4 参照)，照査風速以下の風速で有意な振動は発生しておらず、本橋の耐風安定性は確保されていると判断した。

5. あとがき

陣ノ谷川橋（鋼上部工）工事で実施した風洞試験による耐風性検討について報告した。本業務では、風洞試験は三菱重工業で実施しました。ここに記して、本業務の関係者の方々に対して深く感謝の意を表します。

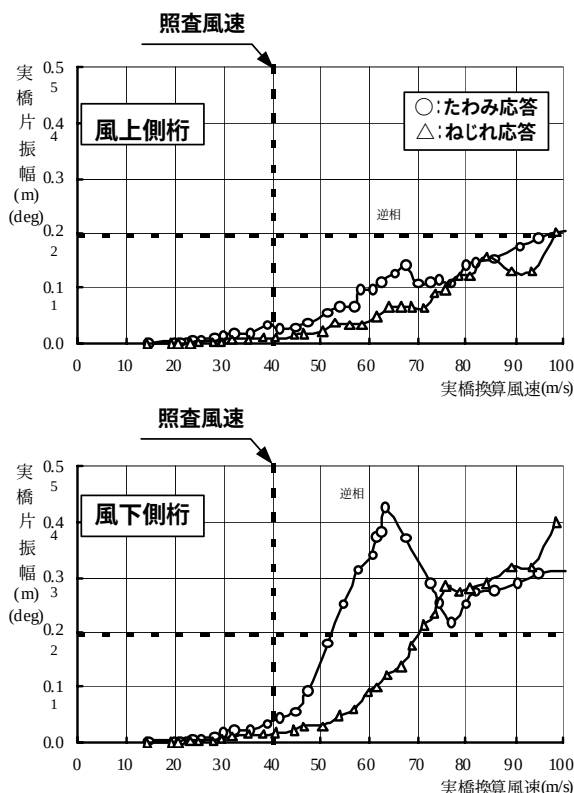
表-2 部材の状態と振動振幅

部 材	部材の状態	振 幅	構造の状態
① 構 造	活荷重たわみ、床版許容引張応力度	38mm	初期ひび割れ
② 床 版	水密性に対する許容ひび割れ	144mm	ひび割れ進展
③ 床 版	鋼材腐食に対する許容ひび割れ	254mm	合成断面
④ 床 版	コンクリートの許容圧縮応力度	256mm	↓
⑤ 下フランジ	降伏(非合成断面)	311mm	非合成断面
⑥ 下フランジ	局部座屈(非合成断面)	330mm	↓
⑦ 床 版	コンクリートの圧縮降伏		部材の破壊
⑧ 下フランジ	引張強さ		

※振幅は、第 2 径間中央部における数値

表-3 耐風安定性評価の照査条件（たわみ渦励振）

項 目	数 値	備 考
照査風速	39.2m/s	乱流中における照査であることから変動風速補正係数は考慮せず、設計基準風速を設定した。
許容振幅	25cm	床版に対する許容ひび割れ幅より設定した。
気流条件	乱れ強さ I_u 10%の乱流 気流離角 単独状態: +3度 並列状態: 0度	道路橋耐風設計便覧で設定される架橋位置の主流方向乱れ強さが約 20%であることから、安全側としてその半分の乱れ強さに相当する強乱流（主流方向乱れ強さ 10%程度）を適用した。 単独状態: 正迎角で不安定化、並列状態: 迎角 0 度の場合が最も不安定との一様流中での空力特性、及び乱流による迎角の変動を考慮して設定した。
構造減衰	対数減衰率 $\delta=0.02$	支間長 50m 前後では $\delta=0.04$ の実績値があるが、本橋の支間長が約 65m と長いこと、及び安全側の配慮として吊橋・斜張橋で採用される最低値レベルの値を設定した。

図-4 並列状態応答振幅と照査風速・許容振幅（中心間隔 40m, $I_u=10\%$, $\delta=0.02$, 迎角 0° ）