

## 箱桁橋梁断面における耐風安定性と制振対策

神戸大学工学部 正員 川谷充郎 大阪大学大学院 学生員 丸山武士  
 神戸大学工学部 学生員 高橋知久 大阪大学工学部 伊藤 匠  
 大阪府港湾局 飯塚隆雄 建設企画コンサルタント 正員 武 伸明  
 大阪大学大学院 フェロ- 西村宣男

**1. はじめに** 従来,箱桁橋の耐風性については,剛性が比較的高いためほとんど問題にされることはなかった。しかし,近年の橋梁技術の進歩により箱桁橋の長大化も進み,風による振動の発生する可能性が生じ,設計段階で動的耐風性の照査や空力安定化対策を検討する例もある。本研究において対象とする橋梁は,支間長 100m+150m+100m の 3 径間連続鋼床版箱桁橋で,幅員・桁高比が 3 以下のブラフな断面で,たわみ易い構造となっており,耐風設計便覧<sup>1)</sup>に基づく事前検討で,発散振動であるギャロッピングに対する詳細な検討が必要となっている。そこで,本研究では,この橋梁の 2 次元剛体模型を用いる風洞実験により,動的応答実験と静的空気力測定を行い,橋桁基本断面の耐風安定性と,それに設置した耐風制振デバイスの効果を調査する。

**2. 実験概要** **2.1 実験模型** 実験では,中央径間の 1/4 断面を対象とする縮尺 1/60 模型を使用する。模型長 1.56m,模型質量所要値 4.317kg (実験値 4.318kg) である。模型の諸元を Table 1 に示し,断面図を Fig.1 に示す。橋面横断方向に片勾配が付いており,橋軸に対して非対称断面であるため,歩道側ウェブ高の小さい方向からの風を「正風」,逆方向からの風を「逆風」とする。

**2.2 実験方法** 動的応答実験は,剛体模型をコイルばねによって鉛直たわみ 1 自由度系に支持し,一様流中で風向・迎角および対数減衰率を変化させ動的応答特性を調べる。設定迎角  $\alpha = -5^\circ, -3^\circ, 0^\circ, +3^\circ, +5^\circ$  とし,対数減衰率の基本を  $\delta = 0.02$ ,減衰付加の場合を  $\delta = 0.06$  とする。静的空気力測定は,模型を支持具を介して検力計に固定し迎角範囲  $\alpha = -15^\circ \sim +15^\circ$  において,  $1^\circ$  ごとに行う。なお,風洞壁面の境界層の影響を受けないよう隔壁を設ける。

**3. 実験結果** 基本断面および耐風プレート(デフレクター)をウェブ下方に取り付ける対策断面,さらに対策断面に減衰付加する場合の応答 V-A 図を Fig.2 に,基本断面および対策断面の静的空気力測定結果を Fig.3 に示す。基本断面において Table 2 に示すように迎角が大きいほどギャロッピング発生風速が低風速になる傾向があるため,V-A 図の代表として迎角  $\alpha = +5^\circ$  の応答図を示す。ただし,基本断面における正風側の場合,風下側ウェブ側に添架物を取り付けられている。

**3.1 基本断面の応答特性と静的空気力特性** 正風では,迎角  $\alpha = 0^\circ, -3^\circ, -5^\circ$  ではギャロッピングは発生せず,迎角  $\alpha = +5^\circ, +3^\circ$  で風速  $V=30\text{m/s}$  付近で発生する。また逆風では,迎角  $\alpha = +5^\circ, +3^\circ, 0^\circ, -3^\circ$  では風速  $V=22\text{m/s}$  付近で,  $\alpha = -5^\circ$  では風速  $V=55\text{m/s}$  で発生する。この風速は,本橋の設計風速( $U_D=53\text{m/s}$ )より算出されるギャロッピングの限界風速(照査風速  $U_{rg}=63.7\text{m/s}$ )を大幅に下回るため,ギャロッピングに対する制振対策が不可欠である。この動的応答結果を Fig.3(a)(b)の静的空気力測定結果からみると, $dC_{1/d} < 0$  である領域が逆風側の方が広

Table 1 模型の諸元

項目	単位	縮尺率	実橋	模型	
				所要値	実験値
縮尺	-	n	-	1/60	1/60
単位長質量	kg/m	n <sup>2</sup>	9963	2.768±0.055	2.768
たわみ振動数	Hz	S	0.5395	-	3.113 ~ 3.259
風速倍率	-	n/S	-	-	9.93 ~ 10.36
対数減衰率	-	1	-	0.020±0.005	0.021
				0.060±0.005	0.061
ばね定数	kgf/cm	-	-	-	1.681

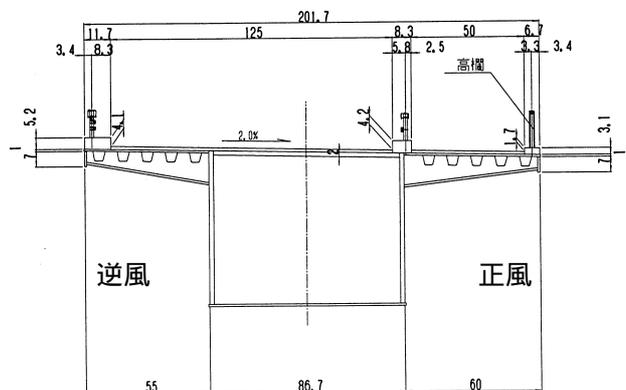


Fig.1 模型断面

く、準定常理論から判断して逆風側の方がギャロッピングに対して不安定であることが分かる。また、渦励振については、Table 2 に示すように正風では迎角  $\alpha = -3^\circ$  のとき風速  $V=17\text{m/s}$  で最大無次元振幅 ( $\beta/B$ )0.0197, 逆風では、迎角  $\alpha = -5^\circ$  のとき風速  $V=17.3\text{m/s}$  で最大無次元片振幅 ( $\beta/B$ )0.0130 に達している。

**3.2 耐風プレートによるギャロッピング応答特性と静的空気力特性** 空力振動対策の過去の事例の多くは、ギャロッピングに対しては耐風プレートで行われている。<sup>2,3)</sup>そこで、様々な水平プレート長・プレート設置位置において測定を行った結果、正風側では、プレート長 1m, 位置を箱桁下端部より 1m に、逆風側では、プレート長 1.25m・設置位置 1.04m に設置することにより、ギャロッピングを抑制できる。その水平プレートの設置により Fig.3(c)の静的三分力係数において、 $dC_L/d\alpha$  が負から正に転じている。

**3.3 渦励振の制振対策** 迎角と渦励振最大振幅の関係を Fig.4 に示す。水平プレートによるギャロッピング制振対策を行った対策断面は、基本断面に比べ渦励振発現風速は低風速側に移行するが、渦励振最大振幅 ( $\beta/B$ )は大幅に増加することが分かる。その対策として、対数減衰率を  $\lambda = 0.02$  から  $\lambda = 0.06$  へ増加させると、渦励振発現風速には大きな変化はみられなかったものの、渦励振最大振幅 ( $\beta/B$ )を最大で約 70%抑制することができる。また、対数減衰率を変化させた場合でも、ギャロッピングの発現風速に大きな変化はみられない。

(参考文献) 1) (社)日本道路協会: 道路橋耐風設計便覧, 1991. 7. 2)西村弘隆, 鷲尾修一: 関西空港連絡橋(箱桁)の設計および架設(モーメント連結工法), 駒井技報, Vol.10, pp.1-14, 1991. 3)米田昌弘, 宮地真一, 望月秀之: 尻無川新橋(仮称)アプローチ部の部分風洞試験, 川田技報, Vol.14, pp.102-105, 1995.1.

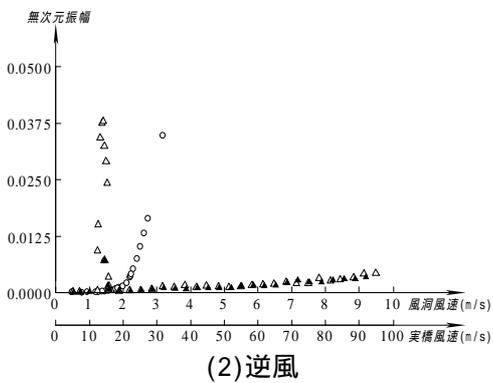
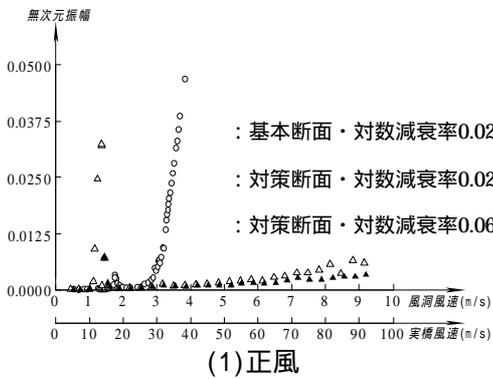


Fig.2 応答 V-A 図 ( $\alpha = +5^\circ$ )

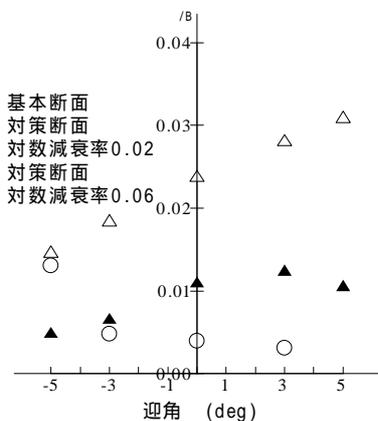


Fig.4 構造減衰付加による渦励振最大振幅 (逆風)

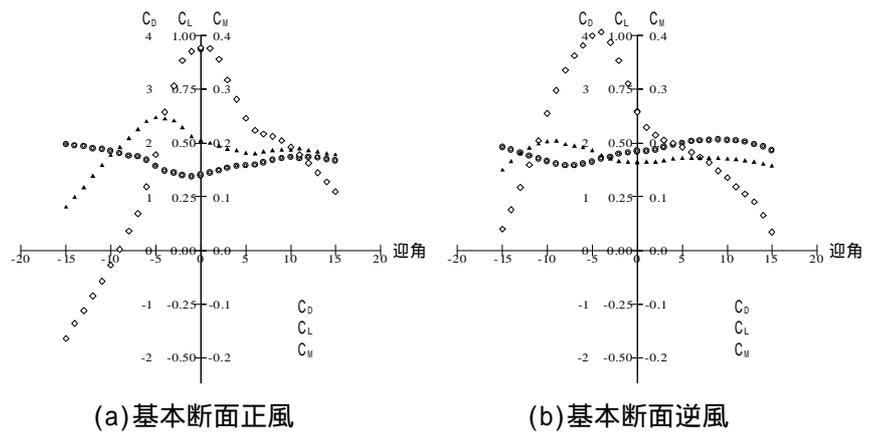


Table 2 基本断面応答一覧

風向	迎角	渦励振		ギャロッピング発生風速 (m/s)
		風速 (m/s)	無次元片振幅 $\beta/B$	
正風	-5	17.9	0.0043	-
	-3	17.0	0.0197	-
	0	17.0	0.0149	-
	+3	16.9	0.0181	37.5
	+5	18.4	0.0033	31.6
逆風	-5	17.3	0.0130	54.5
	-3	17.6	0.0048	28.0
	0	18.5	0.0040	23.4
	+3	18.5	0.0031	20.9
	+5	-	-	19.5

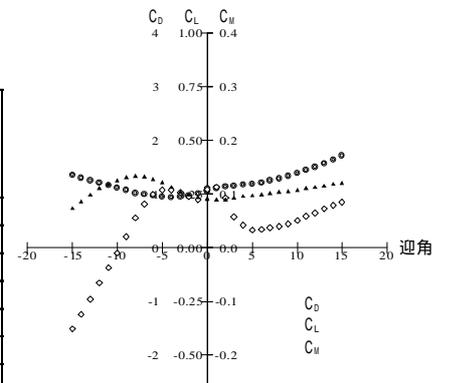


Fig.3 静的空気力測定結果