

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 学生員 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 正 員 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、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あり、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、中央支間長 150m 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¹⁾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 次元剛体模型による風洞実験を行い、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。模型の諸元を表-1 に示し、断面図を図-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 実験は、剛体模型をコイルばねによって鉛直 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。

3.実験結果 それぞれの風向における基本断面および耐風プレート（デフレクター）をウェブ下方に付ける対策断面、さらに対策断面に減衰を付加する場合の応答 V-A 図を図-2 示す。基本断面の応答においては、表-2 に示すように迎角が大きくなるほどギャロッピング発現風速が低風速になる傾向があったため、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の場合、風下側ウェブ側面に添架物が取り付けられている。

3.1 橋桁基本断面の空力振動特性 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 $\alpha = +5^\circ, +3^\circ$ では、風速 $V = 30\text{m/s}$ 付近からギャロッピングが発生する。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 $V = 55\text{m/s}$ でギャロッピングが発生する。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 $U_{lg} = 63.7\text{m/s}$ ）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。また、渦励振について表-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($\eta/B = 0.0197$)、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($\eta/B = 0.0130$)に達している。

表-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 ²	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 0.060±0.005	0.021 0.061
ばね定数	kgf/cm	-	-	-	1.681

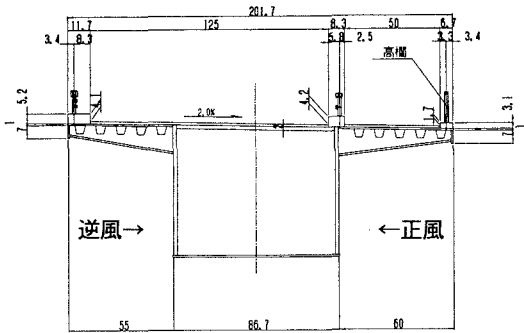


図-1 模型断面

3.2 耐風プレートによるギャロッピング制振対策 空力制振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^{2,3)}。そこでまず、様々な水平プレート長・プレート設置位置で応答測定を行う。逆風側の結果を図-3に示す。ただし、最小発現風速を示しているため迎角は異なっている。ここで、水平プレート設置角度とは、プレート先端部と箱桁下端部とのなす相対角度で、同図中の θ である。水平プレート長が1mの場合、設置角度が $\theta=40^\circ$ のとき、ギャロッピングに対する制振効果が最も高いことが分かる。しかし、この場合、全ての迎角でギャロッピング発現風速が、限界風速をクリアしていないため、プレート長を1.5mとする場合、同様に設置角度 40° において最も制振効果が高いことが分かる。さらに、経済性を考え、プレート長1.25m・設置角度 40° において測定を行い、限界風速以下でのギャロッピングを抑制することが出来たため、逆風側対策として、プレート長が1.25m、箱桁下端部より1.04mの位置に水平プレートを設置する。一方、正風側については、プレート長1m・設置位置1mにおいて、ギャロッピングを抑制できる。

3.3 渦励振の制振対策 水平プレートによるギャロッピング制振対策を行った結果、基本断面に比べ渦励振発現風速が低風速側に移行し、渦励振最大振幅(η/B)も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 $\delta=0.02$ から $\delta=0.06$ へ増加させる。この場合、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(η/B)を最大で約70%抑制することができる。ここで、迎角と渦励振最大振幅の関係を図-4に示す。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。

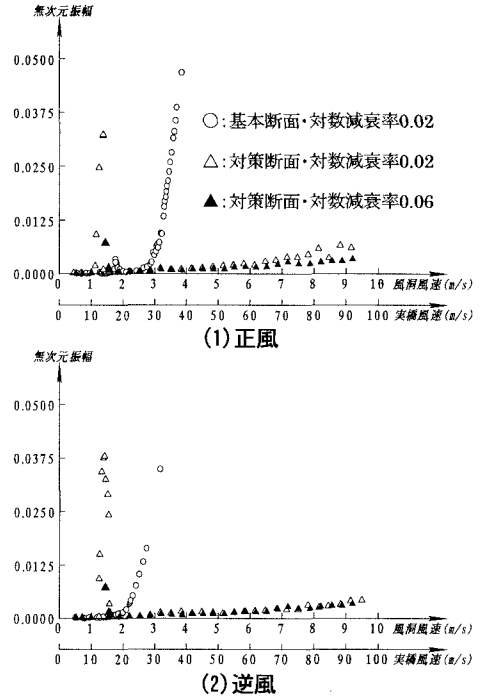


図-2 応答 V-A 図($\alpha=+5^\circ$)

表-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)	无量元片振幅 η/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

(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

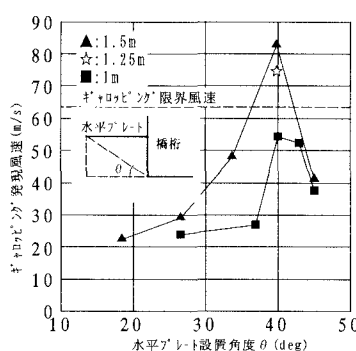


図-3 プレート長と設置位置によるギャロッピング発現風速（逆風）

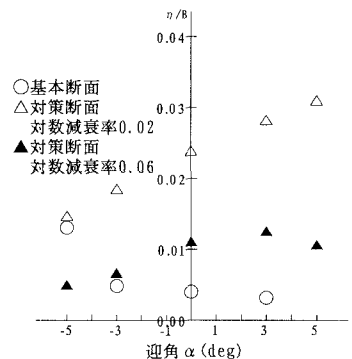


図-4 構造減衰付加による渦励振最大振幅（逆風）