

I-240 並列橋の耐風安定性に関する実験的考察

NKK 正会員 武田 勝昭

1. まえがき 長大橋梁橋桁には、その断面形状に応じて様々な空力弾性的振動が生じることは周知の通りであるが、これらの特性は並列架橋される場合には一層複雑な様相を呈することになる。従来、単独橋としては極めて良好な耐風性を有していた偏平箱桁断面が、並列橋時に相互干渉的なねじれフラッターを生じた例¹⁾や、比較的桁高の高いbluffな断面において、風下側の橋桁の渦励振が大きくなった例²⁾が報告されており、並列橋時をも含めた現象の予測と対策の確立が急務であると考えられる。本研究ではこのような点に着目し、並列橋時の耐風安定性と有効な対策について風洞実験により考察を加えた。

2. 風洞実験方法 並列橋の耐風安定性は、各々の橋桁の断面形状や2橋の間隔などによって大きく変化することが考えられ、一般的な見解を得るにはシステマティックな実験を行う必要があるが、ここではケーススタディとして斜張橋の偏平箱桁がbluffな断面形状を有する2主箱桁橋に近接して架橋される場合を想定して検討を加えた。模型の断面形状と2橋の位置関係を図1に示す。2主箱桁橋の桁高は2種類に変化させてその影響を調査した。(桁高の大きい方をダミー箱桁1、小さい方をダミー箱桁2と称する。)

なお、図1には本研究で試行した空力的制振部材も示してある。風洞はNKKの構造物用風洞(幅2m x 高さ3m)を用い、バネ支持模型実験によって並列橋時に偏平箱桁部に生じる振動を計測した。ここで、2主箱桁橋部(ダミー箱桁1、2)は十分に剛で振動を生じないと仮定し、偏平箱桁模型の風上側あるいは風下側の所定位置に固定支持した。表1には実験条件を示す。これは、スパン約200mの2径間斜張橋のバネ支持模型実験を縮尺率約1/50で行うことを想定して定めたものである。気流は一樣流とし、迎角は $\pm 3^\circ$ の範囲で変化させた。迎角は通常どおり偏平箱桁部を回転させて設定したため、迎角設定時には2橋の位置関係が正しく保持されるよう、ダミー箱桁模型の支持位置の変更を行った。

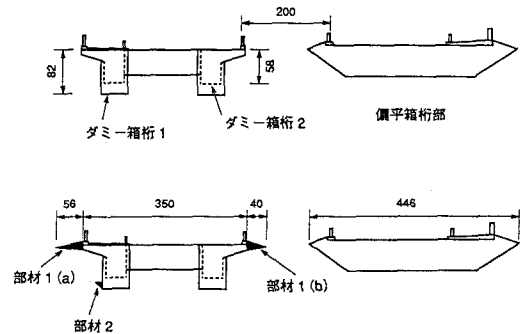


図1 模型断面と制振部材

3. 実験結果と考察 ダミー模型が風上側に位置し、迎角が $+3^\circ$ のときの風速一応答振幅図を図2に示す。横軸は無次元風速 $U/(f_0 B)$ 、縦軸は無次元振幅 y/B である。この図より、単独橋時には安定であった偏平箱桁断面が風上側のダミー箱桁の影響を大きく受けて、低風速域で渦励振を生じる(ダミー箱桁2)他、比較的高風速でギャロッピングを生じる(ダミー箱桁1、2)ことが分かる。これは、辺長比 $B/d > 5$ (B :幅幅、 d :桁高)の偏平な断面にも、近接するbluffな構造物によってギャロッピングが発生し得ることを示すものであり、耐風設計上重要な留意点であると思われる。このギャロッピングの制振に

表1 実験条件

	偏平箱桁部	ダミー箱桁1	ダミー箱桁2
桁高 D (mm)	59	82	58
幅員 B (mm)	446	350	350
単位長さ当り質量 m ($\text{kgf} \cdot \text{S}^2/\text{m}^2$)	0.753	固定	
振動数 f_0 (Hz)	3.5		
対数減衰率 δ_0	0.02		
$m \delta_0 / (\rho B^2)$	0.61		

は図1の部材1(a)が極めて有効であり、これによって単独橋時並の耐風安定性を確保することができた。一方、2橋間の間隔を変化させる効果を持つ部材1(b)はほとんど制振効果が認められなかった。このことから、迎角 $+3^\circ$ のときに生じるギャロッピングには、ダミー模型の歩道側地覆部から大きく発達する剥離セン断層が深く係わっているものと推測される。次に、ダミー模型が風上側に位置し、迎角が -3° のときの風速-応答振幅図を図3に示す。この図より、並列橋時（ダミー箱桁1）に渦励振の振幅が増大することの他、迎角 $+3^\circ$ ではギャロッピングの抑制に大きな効果を発揮した部材1(a)が迎角 -3° では逆に非常に大きな渦励振を誘起していることが分かる。この渦励振はダミー箱桁の風上側主桁下端部から剥離する流れと密接な関係を持っているようであり、図1の部材2によってほぼ完全に抑制された。このことから、迎角 -3° で生じた非常に大きな渦励振は、部材1(a)によって上方と下方の剥離点の相対位置が変化し、その結果（部材1(a)がないときよりも）桁下端部からの剥離が促進されて生じたものと推定されるが詳細は不明である。図4には、ダミー模型が風下側に位置するときに発生する渦励振のピーク振幅を、迎角に対してプロットしたものである。この図より、並列橋時（ダミー箱桁1）にはいずれの迎角においても渦励振の振幅が増大すること、風下側に位置するダミー箱桁部に整流材（部材1(a)(b)、部材2）を取り付けて流線型化すると耐風性が向上することが分かる。このことから、wake生成位置における近接構造物の形状も重要な影響因子の1つであることが分かる。今後、流れの可視化などにより、より詳細な検討を加えてゆく予定である。

4. 結論 (1)辺長比 $B/d > 5$ の扁平な断面であっても、近接するbluffな構造物によってギャロッピングが発生する可能性があり、渦励振振幅も単独橋時と比べて相当に増大する虞れがある。(2)空力的制振対策として、近接するbluffな構造物に整流材を取付け流線型化する方法が有効である。

参考文献 1)森河、永田他、「鶴見航路橋主桁の耐風性に関する風洞実験」、土木学会第46回年次学術講演会、1991。 2)横山、小路他、「札幌大橋（並列橋）の耐風性調査報告書」、土木研究所資料、第2994号、1991。

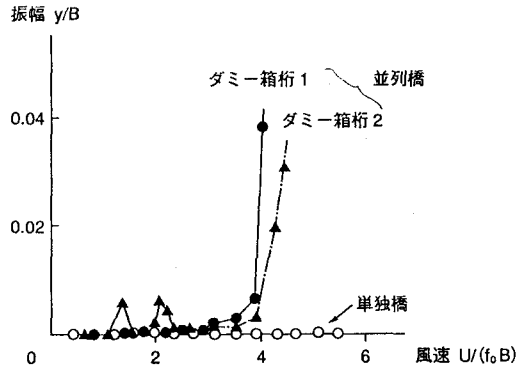


図2 風速-応答振幅図
(ダミー模型が風上側、迎角 $+3^\circ$)

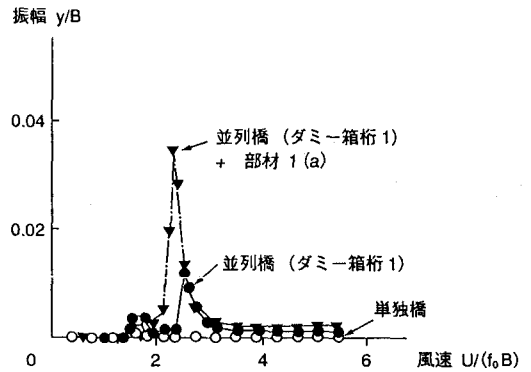


図3 風速-応答振幅図
(ダミー模型が風上側、迎角 -3°)

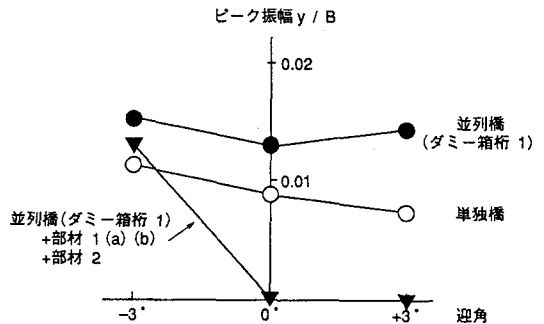


図4 迎角 - 渦励振ピーク振幅図
(ダミー模型が風下側)