

I-422

並列する偏平箱桁橋の空力応答特性に関する一実験

横浜国立大学 正員 斎藤 善昭

正員 山田 均

正員 宮田 利雄

1. まえがき 本報告では、並列して計画された長大斜張橋の空力特性における相互干渉効果について、いわゆるタウトストリップ模型を用いて行った一つの風洞実験の結果を述べるものである。ここでは、同一の偏平な箱桁断面を有する二橋が同じレベルに並列している場合を想定し、たわみと振れの渦励振、および連成フラッターについて、二橋の相互干渉の効果を調べることになる。

2. 風洞実験 実験に用いたタウトストリップ模型は図-1、および図-2に示すようなもので、たわみと振れの連成フラッターを検証する必要から、それぞれの最低次固有振動数の比を想定実橋(中央スパン長500m級の6車線)のそれ(約2.5)に相似させることに努めた¹⁾。近接する二橋の空力相互干渉を調べる目的から、それぞれの中心間距離 L をパラメータにとって変化させるとともに、二橋の構造特性が異なっている場合を想定して、風上、風下橋の固有振動数の比を変えた効果を調べることとした。風の傾斜角は海上風ということで $\alpha = 0^\circ$ 、 3° 、 -3° のみとした。模型の質量比は $2m/\rho BD = 370$ 、および $2\Theta/\rho B^2 D^2 = 260$ である。とりあえず、一様流に対してのみを調べた。

3. 実験結果と考察 今回の風洞実験において観察された空力特性の概略を述べると次のようになる。

①渦励振……これまでに報告されたいくつかの並列橋に関する風洞実験結果と同じように、並列すると単独時とは異なる応答をたわみ、振れともに見せている。しかし、二橋の相互干渉効果が見られるのは単独時に渦励振が発生する場合で、単独時に発生しない場合には並列しても特別な応答はおこらなかった。

発生する例を見ると、図-3に示すように、たわみ渦励振は並列になると単独時より大きくなることがある。このとき、風上側の方が風下側より大きく、両者が接近するほど大きくなる傾向が見られる。しかし、この特性もモード次数によって異なり、特にきわめて接近した場合には複雑となり、この事実は実橋固有の振動モードに応じた固有の挙動の発生をうかがわせる。また、振れ渦励振についても同様な傾向が見られ、並列すると単独時とは異なる応答、特に二橋が接近するとともに風上側が大きくなり、しかも異なるモードで最大応答となる特性が見られる。

②連成フラッター……本実験では、強風域でたわみと振れの連成フラッターが最低次モードで見られたが、Selbergの簡易式によるフラッター限界風速($U/f_{s1}B = 9.4$)より低い風速で発生している。この連成フラッターの二橋並列時の最も特徴的なことは、風上、風下橋ともに二橋の中心間距離によらず同じ風速において振動を始めていることである。

表-1(a)、(b)に振れ振幅 $\phi = 1^\circ$ における風速を限界風速として求め、風上橋の1次振れ固有振動数 f_{s1} で無次元化したものを示した。(a)は単独時、および並列する風上、風下橋の固有振動数を同じとした場合のもの、(b)は並列する風上、風下橋の固有振動数の比を1:1.2、あるいは1:0.8とした場合のものである。二橋の固有振動数の比を変化させても、これが同じ場合と同様に風上橋のフラッター発生に応じて風下橋も振動している。このような空力特性が、本実験において試験した二橋の中心間距離の範囲($L = 2B \sim 1.02B$)内であっても同様に見られることはきわめて特徴的である。

4. あとがき 以上の風洞実験結果は一つの事例報告に過ぎない。しかし、並列することによって特異な空力特性が現われる可能性が大きいことを示したとはいえるだろう。いずれにしても、並列橋梁の計画は最近特に事例が増えてきたが、耐風設計の観点からも必ずしも経験が多いとはいえず、多くの難しさを含む問題である。今後ともそれぞれの事例に応じて風洞実験が繰り返され、並列したときの挙動の情報蓄積が行われるであろうが、先ずは検証法としての風洞実験法、その評価法の確立が不可欠であろう。

[参考] 1) 山田、宮田他、高振動数比を持つタウトストリップモデルに関する研究、土年講、1989

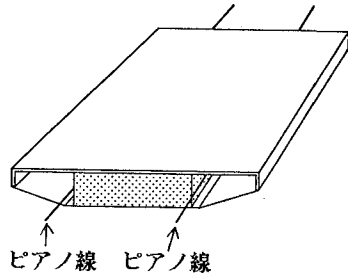


図-1 タウトストリップ模型

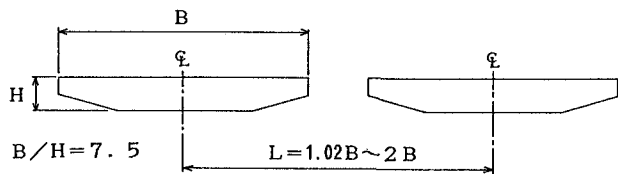


図-2 並列二橋の配置図

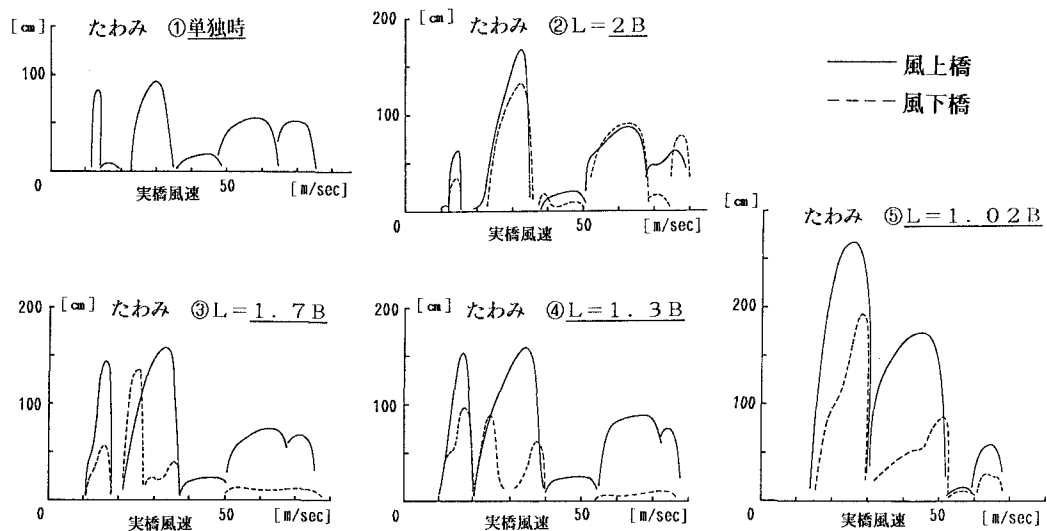


図-3 二橋の中心間距離Lの違いによるたわみ渦励振の発生 ($\alpha = 3^\circ$)

表-1 連成フラッターの無次元限界風速 ($U/f_{\phi 1}B$)振幅 $\phi = 1^\circ$ にて

(a) 単独時と並列時の比較 (風上・風下固有振動数は同じ)

傾 斜 角	単 独	並列：中心間距離L							
		2 B		1.7 B		1.3 B		1.02 B	
		風 上	風 下	風 上	風 下	風 上	風 下	風 上	風 下
$\alpha = 0^\circ$	6.8	6.4	6.5	6.5	6.8	6.3	6.4	6.4	6.4
$\alpha = 3^\circ$	4.6	4.9	4.9	4.5	4.6	4.6	4.8	4.1	4.1
$\alpha = -3^\circ$	(7.6 以上)	←	←	←	←	←	←	7.2	7.2

(b) 並列時の風上・風下固有振動数の比の効果

[傾斜角 $\alpha = 0^\circ$] 固有振動数の比	並列：中心間距離L							
	2 B		1.7 B		1.3 B		1.02 B	
	風 上	風 下	風 上	風 下	風 上	風 下	風 上	風 下
風上1 : 1.2風下	6.5	6.6	6.4	6.4	5.9	6.0	6.0	6.0
風上1 : 0.8風下	7.0	7.0	6.8	6.8	6.3	6.3	5.3	5.0