

扁平箱桁断面を有する並列橋の耐風応答特性に関する一考察

(株)IHI 正会員 ○山内邦博

(株)IHI 正会員 上島秀作

1. 緒言

近年、主要路線における渋滞緩和を目的とし、複数の橋梁が並行して架けられる並列橋が増加傾向にある。将来的に交通量が増加した場合に並列橋とすることを前提に計画され、暫定的に単独橋として供用しているケースもある。並列橋は橋桁の形状や相対位置および振動特性の違いによって、風に対する応答特性が大きく異なるため、風洞試験による耐風性の確認が必要である。従来検討によると、扁平箱桁が並列配置された並列橋において、単独橋では発生しなかったねじれフラッターが発生すること¹⁾や、上流側桁と下流側桁の固有振動数比のわずかな変化が並列橋の耐風応答特性に大きな影響を与えること²⁾が確認されている。しかしながら、並列橋の間隔の変化に対する耐風応答特性の変化に関する検討例は少ない。

本研究では、扁平箱桁が並列配置された並列橋において、並列橋の間隔が変化することで、耐風応答特性がどのように変化するかを風洞試験で確認する。これまでも、並列箱桁橋の間隔の変化に対する、渦励振の振幅の変化については検討された例³⁾がある。本研究ではフラッターに着目し、高風速の特性について確認することを目的とする。

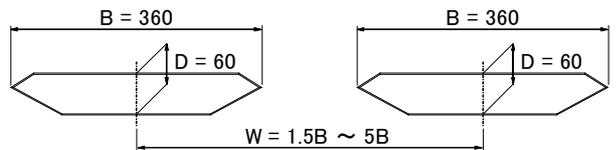


図-1 並列橋模型断面

表-1 風洞試験条件

Shallow Box Girder	Prototype	Model*
Scale	-	1/50
Mass [N·m ⁻¹ ·s ² /m]	1.34×10 ⁴	5.27 5.33
Inertia [N·m·s ² /m]	4.49×10 ⁵	7.23×10 ⁻² 7.18×10 ⁻²
Damping ratio (logarithmic)	0.020	0.020
Heaving freq. f _η [Hz]	0.16	1.50 1.52
Torsional freq. f _θ [Hz]	0.50	3.90 3.93
f _θ / f _η	3.1	2.60 2.59

※ 上段: 上流側(及び単独時)、下段: 下流側を示す。

2. 試験概要

図-1 に示す並列箱桁橋のバネ支持風洞試験を実施した。現象を捉えやすくするため、模型は高欄等の付属物を除いた単純な形状としている。並列橋の断面形状及び設置高さは上流側・下流側で同じとし、模型中心間隔(W)を幅員の1.5倍~5倍の範囲で変化させた。振動特性は同様な断面を有する実橋を参考にし、表-1のように決定した。

試験は縮尺 1/50 の2次元剛体模型を用い、上流側と下流側の模型それぞれをたわみ・ねじれの2自由度にバネ支持した。上流側と下流側の模型の振動特性を一致させ、構造減衰はたわみ・ねじれともに、対数減衰率で 0.02 とした。気流は一様流とし、迎角 α は 0deg 及び ±3deg で姿勢を維持して試験を実施した。また、比較のために単独橋についても試験を実施した。図-2 に風洞試験の様子を示す。

3. 試験結果

図-3 にバネ支持風洞試験結果の一部を示す。模型の応答を、横軸に換算風速 (U_r=U/fB)、縦軸に換算たわみ振幅 (η/B) 及びねじれ振幅 (θ [deg]) として示している。ただし、U は風洞風速とする。

(1) 迎角 α = 0deg

単独橋においては、U=16m/s 付近でたわみ・ねじれ連成フラッターが発生した。並列橋(模型間隔 W=1.5B)においては、U=10m/s 付近でフラッターが発生しており、単独橋に比べてフラッター風速が低下する現象が見られた。下流側の模型が先

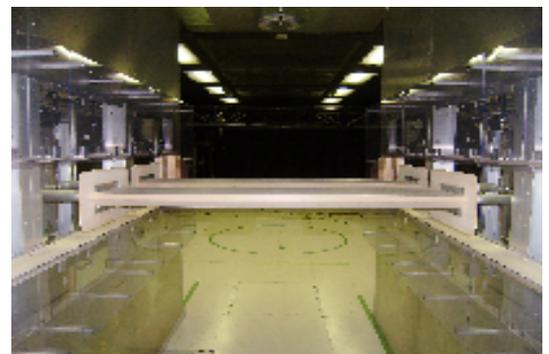


図-2 風洞試験の様子(W=1.5B)

キーワード: 扁平箱桁、並列橋、風洞試験

連絡先: 〒235-8501 横浜市磯子区新中原町1 (株)IHI 電話 045-759-2866 FAX 045-759-2210

に振動をはじめ、上流側の模型と下流側の模型でほぼ同時にフラッターが発生した。並列配置となつて、上流側で乱された風が下流側に作用することで、下流側の非定常空気力の位相特性が変化することや、前縁部の変動圧力の低下が、下流側の空力減衰の低下を招いていること、また下流側の振動が上流側の振動を励起していることが原因として推察されるが、原因究明には今後より詳細な検討が必要である。

(2)迎角 $\alpha = +3\text{deg}$

単独橋、並列橋(模型間隔 $W=1.5B$)ともに、 $\alpha = 0\text{deg}$ に比べてフラッター風速が低下しており、本断面形状は吹上げ風に対して耐風性が悪くなるのがわかった。ここでは割愛するが、単独橋については3分力計試験を実施しており、 C_M は $\alpha = -5\text{deg} \sim +5\text{deg}$ において正の勾配を示すことを確認している。吹上げ風に対する耐風性の悪化については、準定常理論では説明できないため、原因究明にはより詳細な検討が必要である。

(3)並列橋の間隔の影響

図-4に、並列橋間隔を変化させた場合のフラッター風速(換算風速)及び振動数の変化を示す。並列橋の間隔が狭いほどフラッター風速が低下し、振動数はねじれ固有振動数 $f_\theta \approx 3.9\text{Hz}$ に近づく傾向にある。並列橋の間隔が狭い場合にたわみ振動の振幅が小さくなっていることから、並列橋の間隔が狭いほど振動はねじれフラッターに近づくものと考え、既往の研究¹⁾でねじれフラッターの発生が確認された結果と一致する。また、並列橋の間隔が広がるほど、応答特性は単独橋の応答特性に近づく傾向にあり、既往の研究結果³⁾と一致する。吹上げ風に対する耐風性の悪化(フラッター風速の低下)については、単独橋及び並列橋の間隔が狭い場合において顕著であるが、並列橋の間隔が広がるとその影響は小さくなるようである。

4. まとめ

本研究により得られた、扁平箱桁断面を有する並列橋の耐風応答特性についての知見を以下に示す。

- ① 並列橋となることでフラッター風速が低下する。また、吹上げ風に対してもフラッター風速が低下する。
- ② 単独時にはたわみ・ねじれ連成フラッターが発生するが、並列橋で間隔が狭くなるとねじれフラッターへと移行する。並列橋間隔が広がるほど、単独橋の応答特性に近づく。
- ③ 吹上げ風や並列配置となることでフラッター風速が低下するメカニズムについては、今後より詳細な検討が必要である。

[参考文献]

- 1) 南条ら：鶴見航路橋完成系の耐風性に関する全橋模型試験、土木学会第47回年次学術講演会、平成4年9月
- 2) 長井ら：扁平箱桁を有する並列斜張橋の耐風応答特性、第14回風工学シンポジウム、1996年
- 3) 久保ら：並列距離が並列箱桁の対風応答に及ぼす影響、土木学会第58回年次学術講演会、平成15年9月

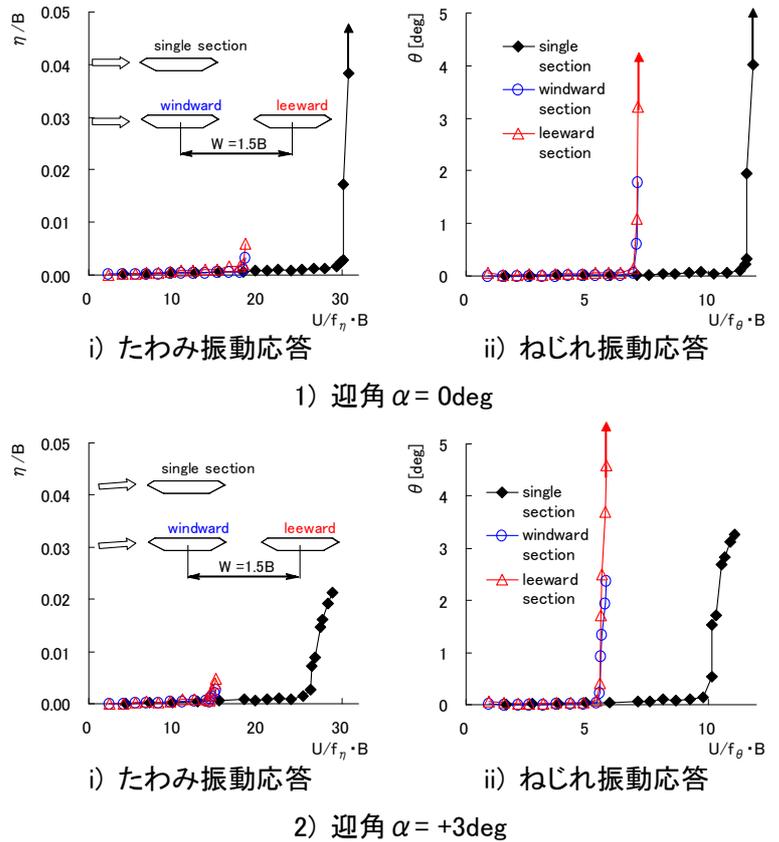


図-3 バネ支持試験結果

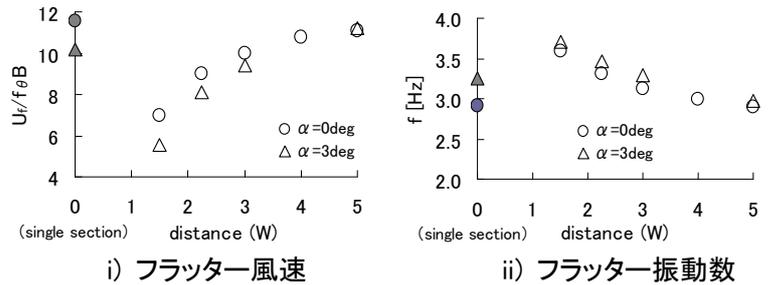


図-4 並列橋間隔の影響