

箱桁並列斜張橋の対風応答の風洞実験による検討

九州工業大学 学生員○島 賢治 九州工業大学 正会員 久保 喜延
九州工業大学 正会員 木村吉郎 九州工業大学 正会員 加藤九州男
(株)青石エンジニアリング 元 大淵 (株)長大 正会員 右近 大道
九州工業大学大学院 学生員 浅井慎一 九州工業大学大学院 学生員 永島寛之

1. はじめに

自動車交通量の増大に対応するため、既往の橋梁に平行して新たに橋梁を架設して、並列橋となる場合がある。並列橋の対風特性は、橋梁同志の空力的干渉作用により単独橋とは異なる性状を示し、複雑であることが知られている。本研究で検討対象とした並列箱桁斜張橋は、スパンが344mと400mであり、その対風挙動は非常に複雑となる可能性が考えられたことから、風洞実験により応答特性を検討した。

2. 実験概要

供試模型として使用した2体の2次元剛体模型(縮尺率 $1/n=1/60$)の断面を図-1に示す。模型代表長 D (桁高のみ)は44.6mm(現橋)、45.0mm(新橋)である。模型諸元を表-1に記す。実験には回流式空力弾性試験用風洞(測定断面:1070mm×1070mm)を使用し、現橋模型をたわみ1自由度、新橋模型をたわみとねじれの2自由度で弾性支持し、一様流中において行った。実験ケースは、現橋と新橋の単独橋および並列橋について、迎角 $\alpha = -6^\circ, -3^\circ, 0^\circ, 3^\circ, 6^\circ$ と変化させて実験を行った。また、並列橋に対しては風向を 180° 変化させて実験を行った。なお、並列橋の水平距離は55cmとした。また、並列橋に高低差を設定したケースについても実験を行ったが、ここでは、高低差を設けていないケースの結果のみを示すこととする。

3. 実験結果及び考察

模型の応答を、横軸に換算風速($V_r=V/fD$ 、ただし、 V :風速(m/s)、 f :鉛直たわみ及びねじれの固有1次振動数(Hz))、縦軸にたわみ無次元倍振幅($2A/D$)及びねじれ倍振幅(2ϕ)として以下に示す。

(1)単独橋

現橋のたわみ応答図を図-2、新橋のたわみ、ねじれ応答図を図-3、4に示す。現橋は迎角によって応答振幅は異なるものの、全ての迎角において換算風速 $V_r=7\sim 8$ でたわみ渦励振が発生している(図-2)。迎角 $\alpha = 6^\circ$ では、最大応答振幅が無次元倍振幅 $2A/D=0.5$ 程度であり、他の迎角と比較して応答が大きい。

新橋でも全ての迎角において換算風速 $V_r=7\sim 8$ でたわ

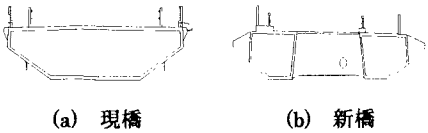


図-1 模型断面

表-1 模型諸元

項目	現橋	新橋
模型代表長 D (mm)	44.6	45.0
たわみ振動数 f_n (Hz)	4.11~4.13	4.13~4.16
ねじれ振動数 f_t (Hz)		8.27~8.29
たわみ構造減衰率 δ_h	0.004~0.010	0.004~0.007
ねじれ構造減衰率 δ_t		0.004~0.005

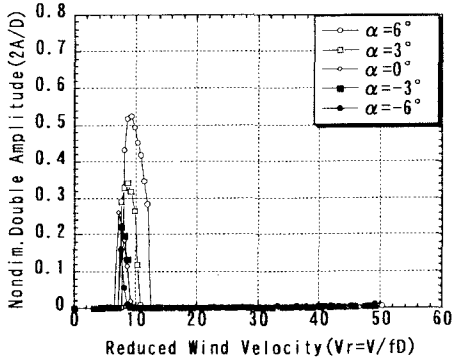


図-2 たわみ応答図(現橋)

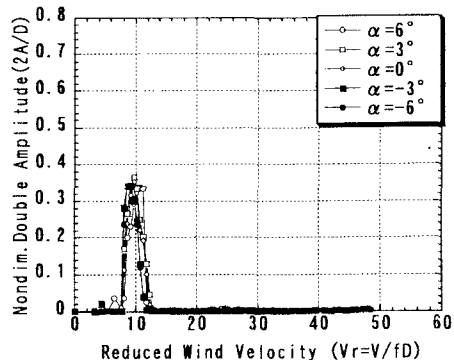


図-3 たわみ応答図(新橋)

み渦励振が発生している(図-3)。現橋と比較して迎角による応答振幅の変化は小さく、 $\alpha=6^\circ$ における応答は現橋よりも小さい。一方新橋のねじれ渦励振は迎角によって発振風速、発生風速域、応答振幅がかなり異なっており、迎角が負のとき、応答振幅が大きくなる傾向がある(図-4)。なお、いずれのケースにおいてもギャロッピングやフラッターのような発散振動は測定風速内では発生しなかった。

(2)並列橋

上流側に位置する模型の応答特性は、単独橋の応答特性と比較してあまり異ならなかった。しかし、下流側の模型の応答特性には大きな変化が見られた。現橋が下流側に位置する場合(図-1で右側から風が吹く場合に対応)、現橋は換算風速 $V_r=7\sim 8$ でたわみ渦励振が発生しており、迎角の違いにより応答特性が変化している(図-5)。応答振幅は、迎角 $\alpha=6^\circ$ で無次元倍振幅 $2A/D=0.8$ 程度と単独橋と比較して大きい。また、換算風速 $V_r=9$ 付近で応答振幅が減少し、換算風速 $V_r=10$ 付近から応答振幅がふたたび大きくなっている。渦励振の低風速側のピークについては単独橋の場合と同じメカニズムで発生していると考えられる。一方、高風速側のピークは上流側に位置する新橋がこの風速域で大きく($2A/D=0.4$ 程度)振動しており、その振動に励起されるように現橋が振動していると考えられる。これは単独橋の応答特性には見られなかった特性である。

新橋が下流側に位置する場合(図-1で左側から風が吹く場合に対応)では、新橋に換算風速 $V_r=7\sim 8$ 付近でたわみ渦励振が発生するものの、最大応答振幅は迎角 $\alpha=6^\circ$ で無次元倍振幅 $2A/D=0.2$ 程度と単独橋と比較して小さくなっている(図-6)。また、新橋は換算風速 $V_r=5$ 付近からねじれ渦励振を発生し、その振幅は $2\phi=1\sim 1.5(\text{deg})$ 程度である(図-7)。さらに換算風速 $V_r=7$ 付近から $2\phi=1\sim 1.5(\text{deg})$ 程度の限定振動が発生している。この新橋のねじれ応答特性は単独橋とはかなり異なっており、上流側に位置する現橋の後流の乱れた流れによる影響が強く作用しているものと考えられる。

4. まとめ

並列橋の対風応答特性は、単独橋と比較して、特に下流側に位置する橋梁の応答振幅が大きくなったり、小さくなったり、または応答特性自体が異なったりするなど複雑なものとなることがわかった。

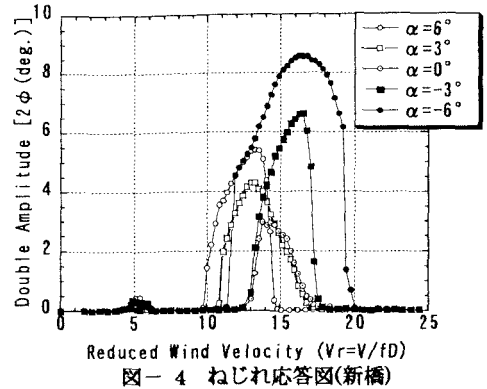


図-4 ねじれ応答図(新橋)

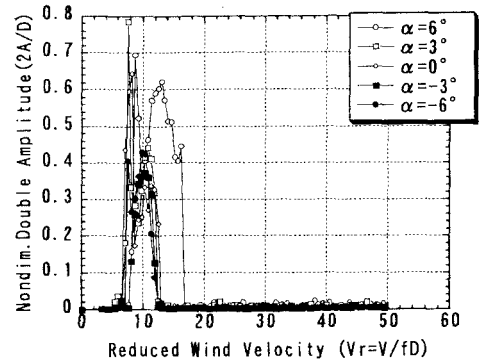


図-5 並列たわみ応答図(現橋、下流側)

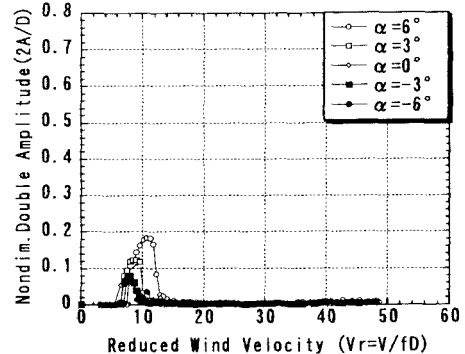


図-6 並列たわみ応答図(新橋、下流側)

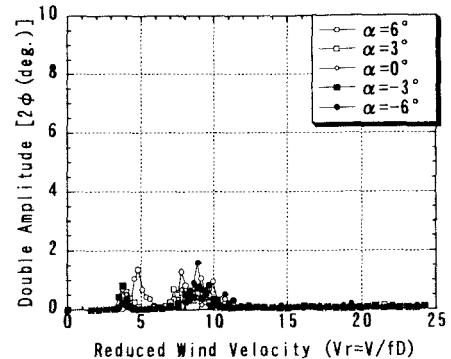


図-7 並列ねじれ応答図(新橋、下流側)