

御所浦第2架橋の補剛桁架設系風洞試験による耐風性の検討

熊本県土木部 正会員 宮原 健

熊本県土木部

真辺保仁

熊本県土木部

正会員 田村伸司

日本技術開発 正会員 吉川悟司

日本技術開発 正会員 〇森川陽介

ニチゾウテック 正会員 畑中章秀

1. はじめに

御所浦第2架橋は片側に歩道を有する中央支間長620mの単径間吊橋である。本橋の架設には、径間中央から主塔に向かって補剛桁ブロックを吊下げてゆく「架設ヒンジ工法」が適用される計画である。この場合、架設時の桁断面には架設足場などの各種架設機材が設置され、完成系の断面形状とは異なる。また、構造系も大きく異なり、一般にねじれ剛性の低下に伴ってねじれ振動数が低下することになる。これらの要因により、架設系の耐風性は完成系とは異なるものと考えられる。ここでは、完成系のバネ支持試験で確認された基本断面形状¹⁾を踏まえ、各種架設機材を考慮したバネ支持試験による架設系の耐風性調査結果について報告する。

2. 風洞試験の要領

(1) 架設ステップの選択：架設系では、架設ステップにより振動特性が変化する。このため、代表的な架設ステップ3種類（ステップ6、ステップ12、ステップ20）を選んで振動解析を行った。各架設ステップの桁架設長は各々163m、339m、516mである。表1に振動数および各ステップの諸元を用い、ゼルベルグ式により推定したフラッター発現風速を示す。

表1 各ステップの振動特性

項 目	単位	架設ステップ		
		6	12	20
鉛直たわみ固有振動数	Hz	0.229	0.228	0.206
ねじれ固有振動数	Hz	0.345	0.388	0.438
フラッター発現風速	m/s	73	60	66

表より、ステップ12のフラッター風速推定値が最も低いことがわかる。これより、以下のバネ支持試験ではステップ12の振動諸元を用いて行った。図1に架設ステップ12の側面図、図2に振動モードの概要を示す。

(2) 模型化：架設用機材の模型化にあたっては、(1)橋面上の架設足場、(2)橋面下の移動吊足場トラスレール、(3)キャットウォークを考慮した。架設足場のネットは充実率を、トラスレール及びキャットウォークについては概略形状と充実率を相似させた。図3に架設足場・吊足場レールの概要、図4に模型状況を示す。

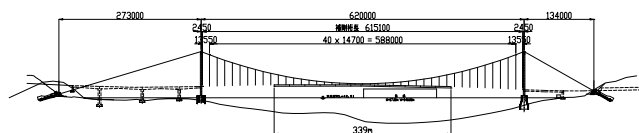


図1 架設ステップ12 側面図



(1) 鉛直たわみ1次(5次モード)



(2) ねじれ対称1次(17次モード)

図2 架設ステップ12 振動モード

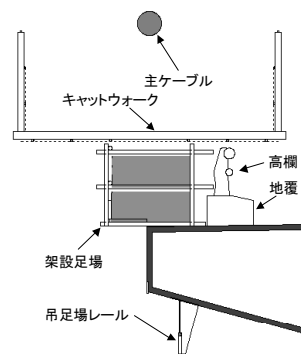


図3 架設機材の模型化



①架設足場



②キャットウォーク

図4 模型状態写真

3. 風洞試験の結果

表2に架設ステップ12に対するバネ支持試験条件を示す。架設時における本橋の基本風速は24m/s、フラッター照査風速は35.5m/sである。なお架設系での構造減衰は、一般の吊型式橋梁で用いられる0.02（対数減衰率）より小さい0.01を用いて行った。

キーワード：吊橋、架設系、キャットウォーク、センターバリア、フラッター、渦励振

日本技術開発(株)大阪支社：大阪市北区豊崎5-6-10 商業ビル、(TEL)06-6359-5341 (FAX)06-6359-5298

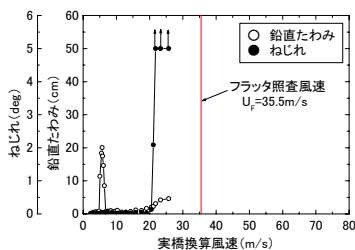
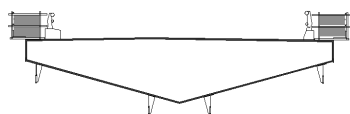
表2 バネ支持試験条件

項目		単位	実橋	縮尺 1/25 模型試験値
重量		kgf/m	7204	11.50
極慣性モーメント		kgf・m ² /m	212847	5533
固有振動数	鉛直たわみ	Hz	0.228	1.669
	ねじれ		0.388	2.843
	振動数比(ねじれ/たわみ)		1.702	1.703
構造減衰率 (対数減衰率)	鉛直たわみ	—	0.010	0.010
	ねじれ			

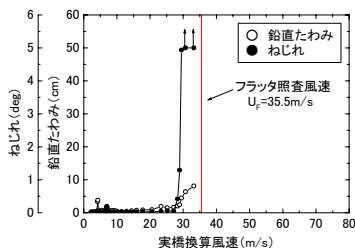
※模型固有振動数は、実橋の鉛直たわみ対称1次モード、ねじれ対称1次モードを対象とした。

全体系では、キャットウォークと補剛桁の位置関係が橋軸方向で変化する。そこで、バネ支持試験では、キャットウォークのない断面を架設基本断面とし、キャットウォークを考慮した断面（桁との位置関係を3ケース変化）についても試験を行った。また、バネ支持試験は車道側、歩道側の各風向について実施しているが、耐風性に顕著な差がなかったため、以下では歩道側の風向の結果について述べる。

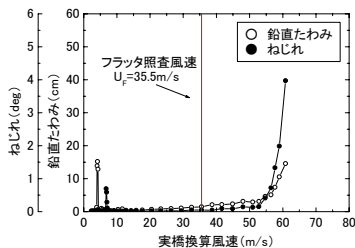
(1) 架設基本断面の応答特性： 架設基本断面の応答を図5に示す。迎角+3°、0°ではフラッター照査風速を下回る低い風速でねじれフラッターの発現が認められる。また、迎角+3°の場合には20cm(40gal 相当)の鉛直たわみ渦励振が生じることがわかる。



(1) +3°



(2) 0°



(3) -3°

図5 架設基本断面の応答

(2) 耐風対策： 架設時の耐風安定性を確保するため、小規模な付加物の効果を予備的に調査した。その結果、桁上面への垂直板(センターバリア)設置、桁下面のレール部閉塞などの有効性が認められた。表3は、架設基本断面にセンターバリアを設置した場合のフラッター発現風速をまとめたものである。センターバリアの高さHを増すと、フラッター風速が上昇する傾向であり、H=1.25mで照査風速を超えることがわかった。表4は、センターバリアをH=1.25mとした状態でキャットウォークの設置高さ

(Hc)とフラッター風速の関係に影響を調べた結果である。

Hc=2mは、径間中央部断面に対応し、高欄および足場なし、H=2.785mはそれに隣接する断面で、高欄なし(足場あり)の状態である。表4および表3より、H=1.25mのセンターバリアであれば、橋軸方向の各架設断面に対しても、フラッターに対する安全性が確保されることがわかる。

(3) センターバリア付断面の詳細調査： 高さ1.25mのセンターバリア付断面について、詳細バネ支持試験を行った。その結果、すべてのケースでフラッター発現風速は照査風速を上回るが、架設基本断面において、顕著な鉛直たわみ渦励振が発生した。図6-(1)に迎角-3°の結果を示す。このケースについては乱流効果を調査した。乱れ強さ10%での結果を図6-(2)に示す。渦励振は20cm(40gal)程度まで減少することがわかった。

4. まとめ
架設基本断面では照査風速以下でフラッターが発現する。これに対し、桁上面にセンターバリアを設置するとフラッター風速を照査風速以上にすることが可能であることがわかった。センターバリアの高さは1.25mが最適であった。なお、本橋については、模型断面の静的・動的空気力の測定と、これを用いた3次元構造系でのフラッター解析を行っており、耐風性に関する総合的な検討も実施している。最後に、本研究にご助言を頂いた九州工業大学 久保喜延教授ならびに本橋技術検討委員会(委員長：大塚久哲教授)の方々に感謝の意を表します。

4. まとめ

架設基本断面では照査風速以下でフラッターが発現する。これに対し、桁上面にセンターバリアを設置するとフラッター風速を照査風速以上にすることが可能であることがわかった。センターバリアの高さは1.25mが最適であった。なお、本橋については、模型断面の静的・動的空気力の測定と、これを用いた3次元構造系でのフラッター解析を行っており、耐風性に関する総合的な検討も実施している。最後に、本研究にご助言を頂いた九州工業大学 久保喜延教授ならびに本橋技術検討委員会(委員長：大塚久哲教授)の方々に感謝の意を表します。

【参考文献】

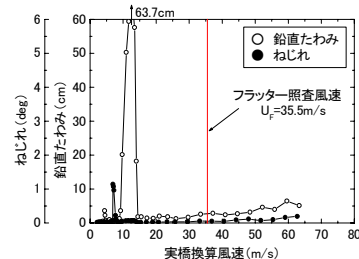
- 1) 宮原他：御所浦第2架橋の補剛桁完成系風洞試験による耐風性の検討、土木学会第59回年次学術講演会概要集、(2004年)

表3 センターバリアの効果

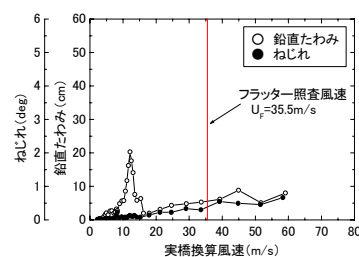
H(m)	フラッター風速 (m/s)
1.00	34.5
1.25	49.2
1.50	53.0

表4 キャットウォークの効果 (センターバリア H=1.25m)

Hc(m)	フラッター風速 (m/s)
2.000	45.0
2.875	55.0
4.000	54.0



(1) 一様流-3° (架設基本断面)



(2) 乱流-3° (架設基本断面)

図6 渦励振に及ぼす乱流効果