

部分模型を用いた1主塔斜張橋主桁（上下線一体）の耐風性検討

阪神高速道路株式会社 正会員 ○河野晴彦, 正会員 杉山裕樹, 正会員 西原知彦, 正会員 西村美紀
株式会社長大 正会員 深谷茂広, 正会員 舘 浩司, 正会員 鈴木俊洋

1. はじめに

大阪湾岸道路西伸部の神戸西航路部において、最大支間長が世界最大級となる1主塔斜張橋が計画されている¹⁾。長支間を有する斜張橋の主桁はたわみやすく、渦励振やねじれフラッター等の風による振動が発生しやすい構造であり、本橋は海上部に架橋されることから、耐風安定性が課題である。

本稿では、現地の架橋条件を踏まえ、鋼1箱桁の主桁断面に対してフェアリング形状をパラメトリックに変化させた部分模型によるバネ支持試験を実施し、耐風性を満足する主桁断面を検討した結果について報告する。

2. バネ支持試験概要

(1) 主桁断面模型形状

本橋の主桁の基本断面は、斜材ケーブルの施工性および維持管理性にも配慮して斜材ケーブルをフェアリング内に設置できる構造としたうえで、耐風性を考慮した台形のフェアリング形状を基本断面（**図-1**）としている。本試験では、基本断面および基本断面に対してフェアリングの幅および傾斜角を変化させた主桁断面の部分模型を製作した。主桁以外の模型化にあたっては、基本的な空力特性を調査するため斜材ケーブル定着部の模型化は行わず、車両用防護柵、斜材ケーブル等の点検のための検査路手摺、および主桁下面の維持管理のための検査車用レールについては耐風安定性に影響を与えると考えて模型化した。なお、風洞試験で用いる部分模型の縮尺は、 $n=1/55$ とした。

(2) 風洞設備

風洞設備は、測定部寸法は高さ2.5m、幅1.5m、長さ8.0mである開回路式風洞(閉塞型)を用いて実施した。模型の設置状況を**写真-1**に示す。



写真-1 模型設置状況

(3) 試験条件

試験における気流は一樣流を基本とし、設計で考慮する迎角(以下、「設計迎角」という。)は、大阪湾岸道路西伸部における長大橋の設計上考慮すべき気流傾斜角範囲²⁾に基づき吹下げ側の最大傾斜角を -3.0° 、吹上げ側の最大傾斜角を $+6.0^\circ$ とし、バネ支持試験で実施する迎角は -3.0° 、 0° 、 $+3.0^\circ$ 、 $+6.0^\circ$ とした。

(4) 試験方法

フェアリング形状の違いによる空力対策の検討にあたり、まず初めに低風速域における渦励振に着目し、基本断面のフェアリングの幅および傾斜角をパラメトリックに変化させてたわみ1自由度のバネ支持試験を実施し、耐風性の良好な断面を確認した。次いで、低風速域での耐風性が特に良好であった断面に対して、高風速域におけるねじれ1自由度とたわみ・ねじれ2自由度のバネ支持試験により耐風性を確認した。

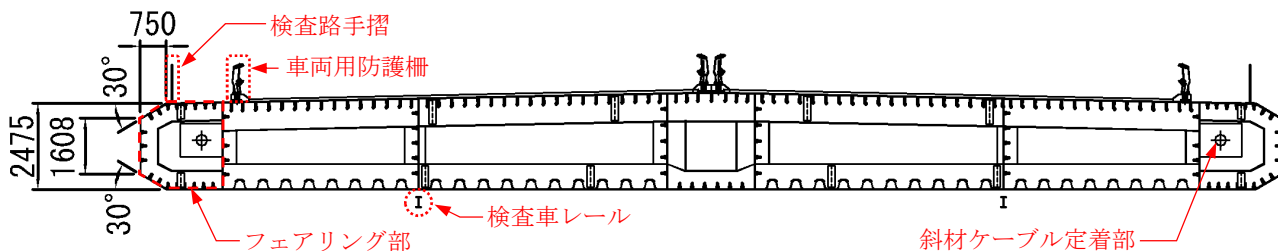


図-1 主桁基本断面

キーワード：1主塔斜張橋，主桁，バネ支持試験，耐風性，大阪湾岸道路西伸部

連絡先：〒650-0023 神戸市中央区栄町通1-2-10 阪神高速道路(株)建設事業本部神戸建設部 Tel：(078)331-9820

3. バネ支持試験結果

(1) 低風速域に対する確認試験結果

低風速域に対する確認試験では、使用性の照査としてお客様が安全・安心・快適に利用できるよう、発現風速(実橋換算風速)が通行止めの目安である10分間平均風速20m/s以下となるたわみ振動モードにおいて、道路橋耐風設計便覧³⁾も参考に加速度100gal以下となるよう許容振幅を設定し、照査した。

基本断面に対して迎角+6.0°でバネ支持試験を実施し、たわみ渦励振の発現の有無、およびたわみ渦励振に対する使用性を照査した結果、3つのやや大きな渦励振が発現し使用性の照査を満足しなかった(図-2)。そのため、フェアリングの幅と傾斜角をパラメトリックに変化させて試験した結果、設計迎角に対してたわみ渦励振が使用性を満足する5断面を確認し(表-1)、フェアリングの傾斜角を上部40°、下部10°としたCase4、およびCase4に対してフェアリング先端を10°傾斜させたCase5では渦励振が発生せず、耐風性が優れていることを確認した。

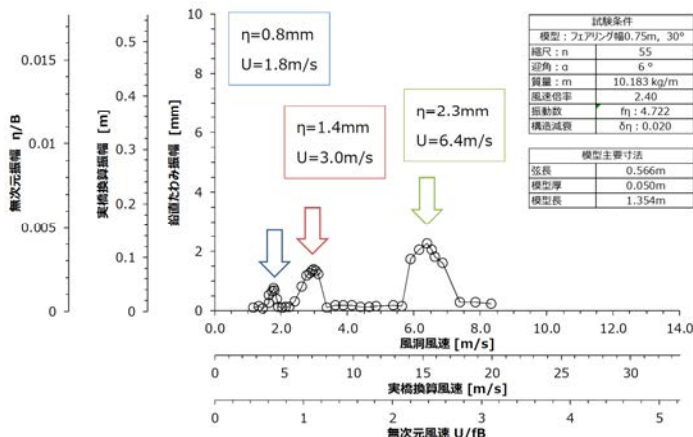


図-2 基本断面のたわみ振動応答図(迎角+6.0°)

表-1 低風速域に対する確認試験結果(耐風性が良好であった断面)

Case1			Case2			Case3			Case4			Case5			
迎角 (°)	たわみ風速 (m/s)	渦励振振幅 (cm)	使用性	迎角 (°)	たわみ風速 (m/s)	渦励振振幅 (cm)	使用性	迎角 (°)	たわみ風速 (m/s)	渦励振振幅 (cm)	使用性	迎角 (°)	たわみ風速 (m/s)	渦励振振幅 (cm)	使用性
-3.0	4.6	1.1	○	-3.0	4.8	2.2	○	-3.0	-	0.0	○	-3.0	-	0.0	○
0.0	3.9	1.7	○	0.0	4.3	1.7	○	0.0	4.3	1.7	○	0.0	-	0.0	○
+3.0	4.1	1.1	○	+3.0	4.3	1.1	○	+3.0	4.1	1.1	○	+3.0	-	0.0	○
+6.0	-	0.0	○	+6.0	4.6	0.0	○	+6.0	4.3	1.1	○	+6.0	-	0.0	○

- : 渦励振が発現しないことを示す

(2) 高風速域に対する確認試験結果

たわみ渦励振に対して特に耐風性の良好であったCase4, Case5の断面に対して高風速域でのバネ支持試験を実施し、ねじれ渦励振, フラッター, およびギャロッピングの発現の有無を確認した結果, Case4, Case5共に高風速域に対して、ねじれ渦励振, フラッター, ギャロッピングの発現はなく、耐風性が極めて優れていることを確認した。

4. おわりに

神戸西航路部で計画されている1主塔斜張橋の主桁断面に対して、フェアリング形状を変化させた部分模型によるバネ支持試験を実施した結果、耐風性が優れる断面を複数確認した。今後は部分模型で考慮した付属物の有無が耐風性に与える影響の違いを確認した上で、景観性にも配慮して断面の検討を行う。

謝辞

本検討にあたっては、大阪湾岸道路西伸部技術検討委員会(委員長:城西大学藤野陽三学長)の委員の方々に貴重なご意見をいただいた。ここに記して感謝の意を表す。

参考文献

- 1) 国土交通省近畿地方整備局浪速国道事務所:大阪湾岸道路西伸部中間とりまとめ(II), https://www.kkr.mlit.go.jp/naniwa/prj/17/15rvdn0000000gip-att/seisinbu_tyukan_torimatome 2.pdf, 2019.12
- 2) 杉山ほか:長大斜張橋主桁の耐風設計に係る気流傾斜角の検討, 風工学研究論文集, 26巻, pp.185-194, 2020
- 3) 日本道路協会:道路橋耐風設計便覧, 2007.12