

お栄川大橋（斜張橋）主塔独立時の耐風性に関する研究

九州工業大学大学院 学生員 東秀明 九州工業大学 正会員 久保喜延 木村吉郎 加藤九州男
 山口県宇部小野田湾岸道路建設事務所 佐々井浩之
 大日本コンサルタント(株) 正会員 田崎賢治

1.はじめに

本研究において対象とした橋梁は、山口県宇部市と小野田市を結ぶ湾岸道路に架設が計画されているS字型曲線斜張橋のお栄川大橋である。その中でもお栄川大橋の主塔の三次元模型実験による耐風特性を検討した。本橋の主塔は、強風が吹きやすい場所に架かることや施工時に独立塔として強風下にさらされる可能性があることから、主塔の耐風性が懸念される。

本研究は、以上のことを踏まえて、お栄川大橋の独立主塔の耐風特性を明らかにすることを目的としている。

2.実験概要

実験には、九州工業大学所有の境界層風洞(測定断面高さ 1800mm、幅 2400mm~2600mm)を使用し、一様流中で測定した。図-1に主塔断面図を示す。お栄川大橋の主塔実験用三次元模型は、風洞の規模・風速倍等を考慮して、縮尺率($S=1/n$)は1/64とした。模型設計を行うため実橋主塔および三次元主塔模型の構造計算を行い、構造特性について検討した後、模型を製作した。この模型の剛性は、それぞれの曲げ剛性とねじれ剛性をもつ剛性棒で代表させている。その剛性棒に長さ18cm程度の木製の模型外形材を1mm間隔で取り付けることによって、模型の外形材の剛性が剛性棒に付加されないようにしている。表-1に三次元主塔模型卓越1次モードの諸元を示す。主塔の変位は、光学変位計で計測した。三次元主塔模型の実験ケースとして、原断面の実験と剥離干渉法による塔の耐風制振対策を施した実験とを行った。剥離干渉法による制振対策は、図-2に示すように、一次剥離点と二次剥離点の2個の剥離点を設け、それぞれの剥離点からの剥離渦の干渉効果により、空力弾性振動の原因となる剥離渦の生成を抑制し、耐風性を向上させる方法である。既往の研究結果から垂直板の位置および大きさは、 $\theta=30^\circ$ 、 $p/D=0.3\sim 0.4$ の場合に制振効果が高いことが確認されている¹⁾。また、実橋では、主塔の橋軸方向幅Dが下端から上端へ6000~4000mmと変化するため、図に示すように、 $p=0.28\sim 0.42D$ 、 $\theta=30^\circ$ の位置に垂直板を取り付けた。

3.原断面の主塔の空力応答特性に関する考察

ここでは、最も大きな振動の振幅が発生した、風向が橋軸直角方向での応答振幅および空力減衰率を図-3、図-4に示す。一様流中での主塔の応答実験結果は、横軸に換算風速、縦軸に無次元倍振幅を用いて

キーワード：斜張橋，主塔，耐風対策，ギャロッピング，剥離干渉法
 連絡先：九州工業大学 〒804 - 8550 北九州市戸畑区仙水町1-1 Tel.(093)884 - 3109

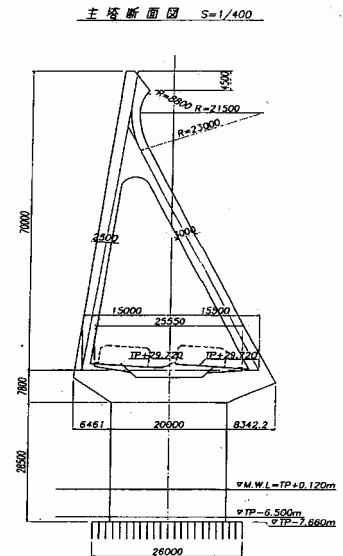


図-1 主塔断面図

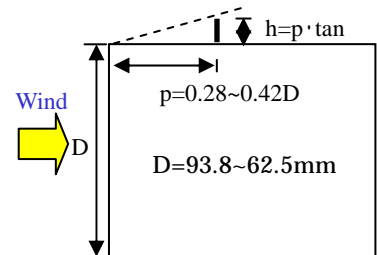


図-2 剥離干渉法概念図

表-1 主塔模型の卓越1次モードの諸元

実橋 (Hz)	所要値 (Hz)	実現値 (Hz)	構造減衰率 s
1.03	8.24	6.700 ~ 6.937	0.004 ~ 0.005

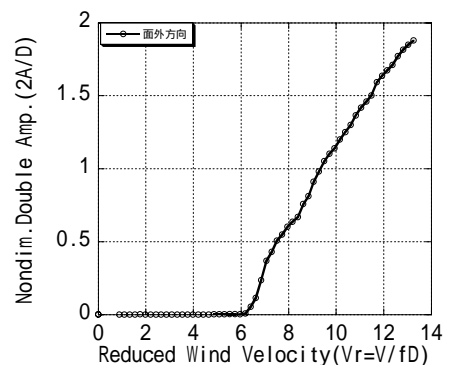


図-3 原断面における面外方向の応答図

表している。図-3は風向が橋軸直角方向の場合における主塔の原断面の主塔頂部の橋軸方向の振動応答である。主塔は、主に卓越1次モードの面外方向に振動し、実風速 V_p =約 24.5m/s(換算風速 $V_r=6$) 近傍から面外一次のギャロッピングが発生している。また、図-4の空力減衰図によると、 $V_r=6.0$ 付近から負減衰となっている。すなわち、主塔の原断面の振動特性について実験を行った結果では、ギャロッピングが発生し、原断面が良好な空力特性を有していないことがわかった。このため、何らかの耐風制振対策を考える必要がある。

4. 剥離干渉法による耐風制振対策を行った断面の空力応答特性に関する考察

原断面の主塔の空力応答特性で良好な結果が得られなかったため、剥離干渉法による主塔の耐風制振対策を施した実験を行った。写真-1に剥離干渉法を用いた模型の設置状態を示す。図-5および図-6は、風向が橋軸直角方向での応答振幅と空力減衰率を示している。一様流中での主塔の応答実験結果は、横軸に換算風速、縦軸に無次元倍振幅を用いて表している。写真-1に示しているように剥離角 $=30^\circ$ ($p=26\text{mm}$, $h=15\text{mm}$, $p/D=0.28\sim 0.42$)の垂直板を断面全体に取り付けた。図-5の橋軸直角方向の場合における主塔頂部の面外方向の振動応答では、実風速 V_p =約 40.8m/s の近傍で渦励振が発現している。原断面の応答と比較すると、応答振幅も小さくなり、優れた断面であるといえる。図-6に示している剥離干渉法を用いた空力減衰率は、図-4に示している原断面の空力減衰率と比較すると、空力的に安定している。また、図-7の最大応答振幅時の風速に対する空力減衰図に示すように、最大応答振幅時の空力減衰は対数減衰率で0.01を下回っており、本四連絡公団の基準に示されている主塔単独時の構造減衰率が0.01を確保できれば、応答振幅は許容振幅以下となる。したがって、この基準を適用できるといえる。

5. まとめ

今回の実験結果より、剥離干渉法による耐風制振対策を行った断面において、振動を抑制することができた。また、図-7の最大応答時の風速に着目した空力減衰図に示すように、最大応答時の空力減衰率は対数減衰率で0.01を下回っている。本四連絡公団の基準では主塔単独時の構造減衰率を0.01としている。したがって、本橋の主塔施工時の足場等を考慮して、この基準を適用できると判断する場合はダンパー等設置の必要はなくなるが、構造減衰率が0.01を下回る場合は、安全性を考慮して独立主塔である期間や架設段階においては、主塔頂部にダンパーの設置をするなど、耐風対策を詳細に検討する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 久保喜延, 小石明, 田崎賢治, 中桐秀雄; 橋梁断面における空力干渉作用のメカニズムについて, 第13回風工学シンポジウム論文集, 1993

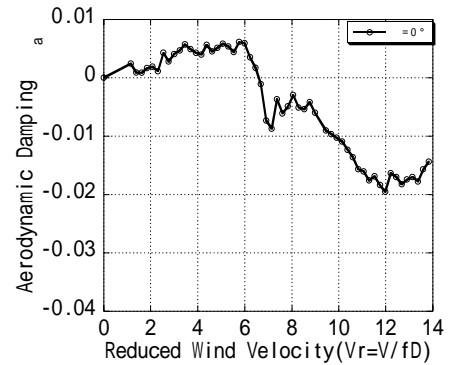


図-4 原断面における面外方向の空力減衰図



写真-1 剥離干渉法を用いた模型設置状態

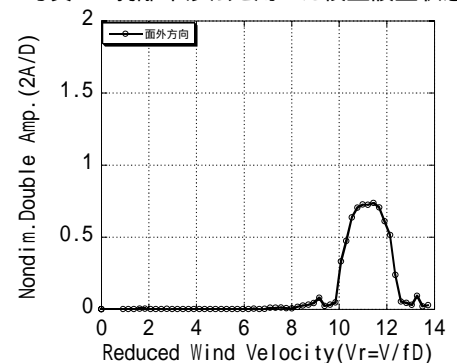


図-5 剥離干渉法を用いた応答図

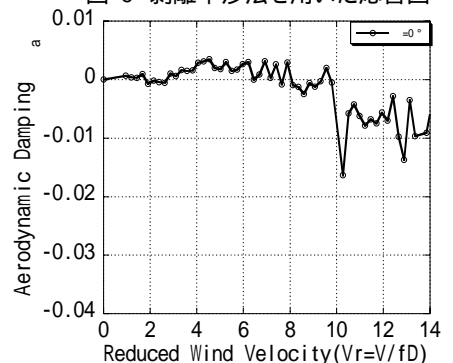


図-6 剥離干渉法を用いた空力減衰図

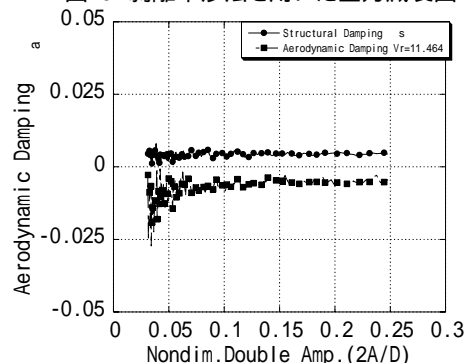


図-7 最大応答風速に着目した空力減衰図