

長大吊橋主塔の空力振動応答特性の検討

九州工業大学大学院 学生会員 ○ROKHAMSAY Chinda
九州工業大学 非会員 本田 貴嗣
九州工業大学大学院 正会員 松田 一俊 加藤 九州男

1. はじめに

架設時主塔の流体力学的制振対策として、隅切り断面が適用される場合がある。最近の2次元模型風洞実験結果（図1）によると、単柱の風洞実験結果において空力振動抑制効果がある隅切り断面でも、塔柱間隔 $W=3D$ で並列配置すると、隅切りによる振動抑制効果が認められないケースが存在することがわかった。但し、これは、上流側及び下流側の2次元模型主塔をそれぞれ独立にバネで弾性支持する二つの振動系の風洞実験結果である。

そこで、本研究は実際の主塔を想定した3次元弾性模型で応答実験を行い、塔柱間隔 $W=3D$ （図2）の場合に発生する振動を検証することを目的とした。また、振動が発現した場合、隅切りに代わる流体力学的制振対策を提案することも試みた。

2. 応答実験概要

本研究では、ケーブル架設前の主塔独立架設状態を想定した3次元弾性模型（図3）の応答実験を実施した。3次元弾性模型の構造緒元は図1の2次元模型の実験条件と相似させた。

実験は3ケース（図4）とした。Case1は基本断面である。Case2は図1の既往研究の2次元模型と同じ隅切り断面である。Case3は既往研究¹⁾で行った空力プレートによる制振の研究成果を参考に、空力プレートの幅（L）、主塔縁端からの設置位置（d）の最適値を調査したケースである。

実験は、九州工業大学所有の大型風洞（測定断面：高さ1.8m×幅2.4m~2.6m）を用いた。この風洞内に3次元弾性模型を設置して、風を作用させた時に生じる応答を測定した。測定方法は模型の上流側・下流側の両塔頂の主流直角方向の応答をレーザー変位計で測定した。

表1 模型の諸元

諸元	単位	模型値
単位長さ当たり質量	kg/m/塔柱	2.50
等価質量	kg/m/塔柱	2.84
たわみ固有振動数	Hz	1.54
ねじれ固有振動数	Hz	6.73
構造対数減衰率	—	0.01
スクルトン数	—/塔柱	3.88

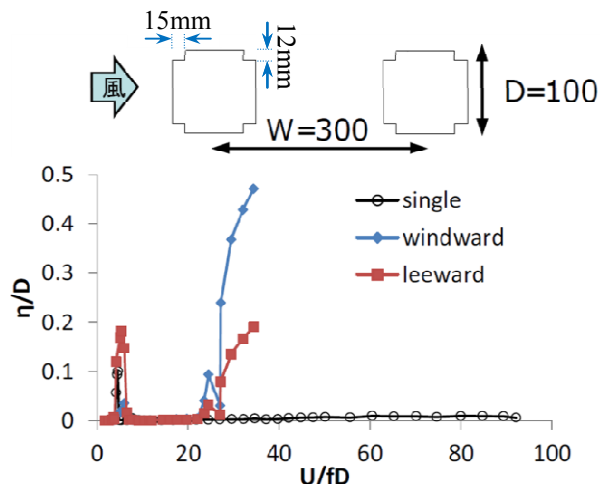


図1 2次元模型風洞実験結果

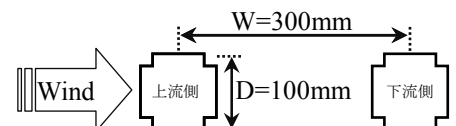


図2 代表長さ D と塔柱間隔 W の定義

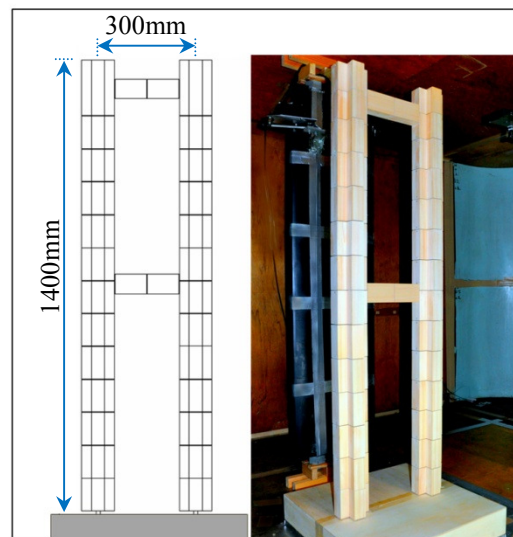


図3 3次元弾性模型

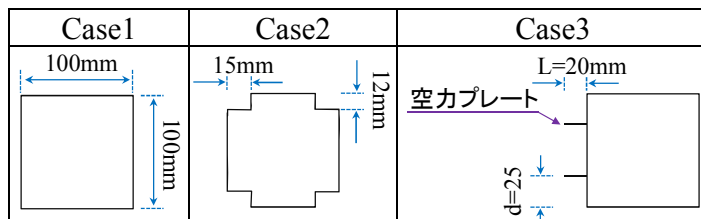


図4 模型の断面図

キーワード：架設時主塔，たわみ渦励振，ねじれ渦励振，主塔制振，空力プレート，風洞実験

連絡先 〒804-8550 福岡県北九州市戸畑区仙水町1-1 九州工業大学 TEL. 093-884-3466 FAX. 093-884-3100

3. 応答実験結果および考察

図5から図7に上流側及び下流側の主塔の主流直角方向応答図を示す。横軸は換算風速 $V_r=V/fD$ (但し, V : 風速 (m/s), f : 模型のたわみ固有振動数 (Hz), D : 模型の代表長さ (m)) であり, 縦軸は振幅を模型の代表長さ D を用いて無次元化した値と, それに対応するねじれ角である。

まず, Case1 の基本断面の応答実験結果を図5に示す。換算風速 $V_r=4\sim15$ でたわみ渦励振が発現した。この結果は, 既往研究で行ったタンデム配列角柱の応答実験結果²⁾と同様の傾向にある。

次に, Case2 の隅切り断面の応答実験結果を図6に示す。 $V_r=5\sim10$ の風速域にたわみ渦励振が発現した。但し, ピーク振幅は基本断面のCase1に比べると小さく, たわみ渦励振に対する隅切りの制振効果があったと考えられる。 $V_r=18\sim26$ 風速域において, ねじれ応答が発現した。この振動は既往研究の二つの振動系の2次元模型実験結果(図1)でも見られた振動である。但し, この振動は応答振動数が6.7(Hz)のねじれ渦励振である。なお, この渦励振発現換算風速は文献³⁾の結果とほぼ対応している。

このねじれ渦励振に対する流体力学的制振対策として, 空力プレート幅 (L), 主塔縁端からの設置位置 (d) の最適値を調査した。その結果, 最も耐風性の良い断面は, $L=20\text{mm}$, $d=25\text{mm}$ (図4)であった。その制振効果はCase3の応答実験結果(図7)に示すように, たわみ渦励振の抑制とねじれ渦励振の振幅低減効果に表れている。一方, 換算風速30以上のねじれ振動は, 一般に架設時の設計風速に比べて発現風速が高いことから, 設計上問題となることは少ないと考えられる。

4. まとめと今後の予定

塔柱間隔 $W=3D$ の場合, 二つの振動系の2次元模型主塔を用いた風洞実験で換算風速20付近から発現した振動は, 本研究の3次元弾性模型実験の結果, ねじれ渦励振であることが判明した。さらに, この振動に対する隅切りに代わる有効な流体力学的制振対策も提案した。

今後はPIVによる断面まわりの流れの可視化実験により, 制振効果が認められたCase3断面の振動抑制メカニズムについて, さらに検討を加える予定である。

〈謝 辞〉 本研究は, 株式会社IHIよりデータの一部をいただいた。

ここに記して謝意を表する次第である。

〈参考文献〉1) 杉本高志, 本間信之, 黒田真一, 松田一俊, “荒川横断橋梁(仮称)主塔の風洞試験”, 土木学会第56回年次学術講演会, 2001。

2) 武内隆文, 松本勝, 白石成人, “タンデム配列ブラッフ角柱に発現する渦励振に関する研究”, 第12回風工学シンポジウム論文集, 1992。

3) 社団法人日本道路協会, “道路橋耐風設計便覧(平成19年改訂版)”, 2007。

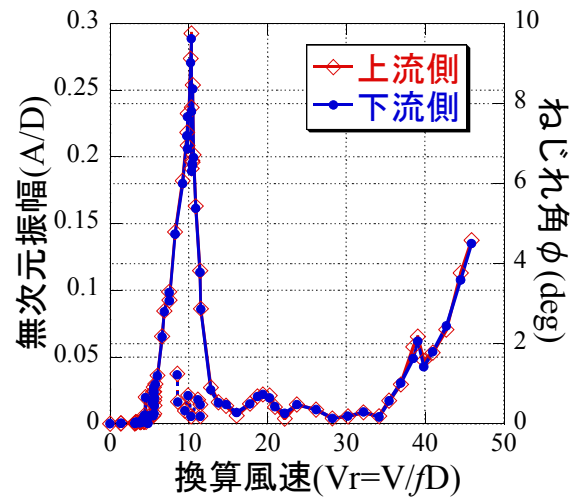


図5 Case1の応答図

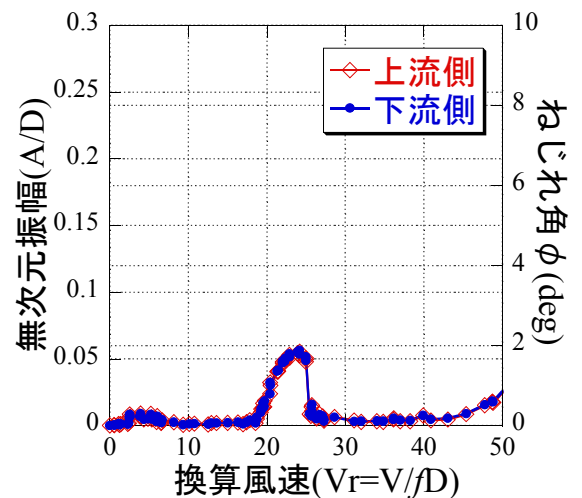


図6 Case2の応答図

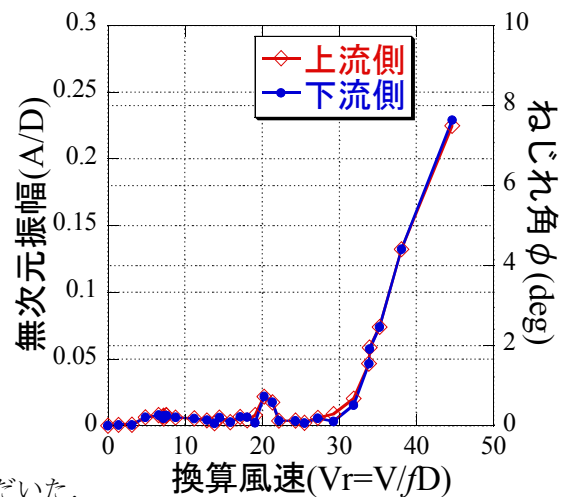


図7 Case3の応答図