吊橋主塔の渦励振について

京都大学　正員　白石成人　　京都大学　正員　松本　勝
京都大学　正員　白土博通　　京都大学　学生員○佐川信之

1.まえがき　　架設中独立状態の吊橋主塔の渦励振について、従来から気流直角方向のたわみ振動が問題とされてきたが、本州四国連絡橋吊橋主塔の3次元弾性模型を用いた風洞実験[1]によれば、たわみ、ねじれともに、それぞれ相異なった風速域において、2つの大きな応答ピークをもつ特徴ある渦励振特性が得られた。本研究では、このような吊橋主塔の渦励振特性に着目し、吊橋主塔をモデル化した気流に対して主流方向に並んだ2本の角柱の渦励振特性や流れの性状を調べることにより、その渦励振の発生機構について考察を試みた。

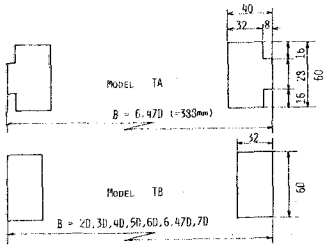

Fig.1

2.実験結果と考察　　実験に用いた模型は、2本の角柱の端に気流の2次元性を保つために端板をつけた本四吊橋主塔を対象にモデル化した2次元剛体模型であり、この模型を気流直角方向のたわみ振動と主塔軸を中心としたねじれ振動を許した2自由度に弾性支持して、渦励振特性を調べた。Fig.1に模型の断面を示す。吊橋主塔モデルTAに関して、Fig.2,3のような風速と応答振幅の関係が得られた。たわみ振動については、応答ピークは1つのみであり、無次元風速7付近で、また、ねじれ振動については、相異なった風速域で2つの応答ピークを持ち、無次元風速7付近と10付近で渦励振が発生している。つぎに、モデルTBを対象に塔柱間隔(以下Fig.1のように、断面比B/Dを用いて表わす。)を変化させることにより、渦励振特性の変化を調べた。Fig.4,5はそのレイ曲線である。また、Fig.6はB/Dをパラメータとして、たわみおよびねじれの発振無次元風速と本研究で測定されたStrouhal数の逆数なる限界無次元風速をプロットしたものである。これから、たわみ、ねじれともに発振風速とB/Dの間に相関関係があることがわかる。つまり、B/Dが増加するにしたがい、発振風速も高風速側に移行している。

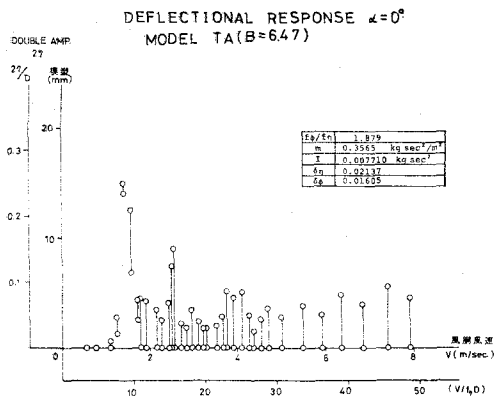

Fig.2

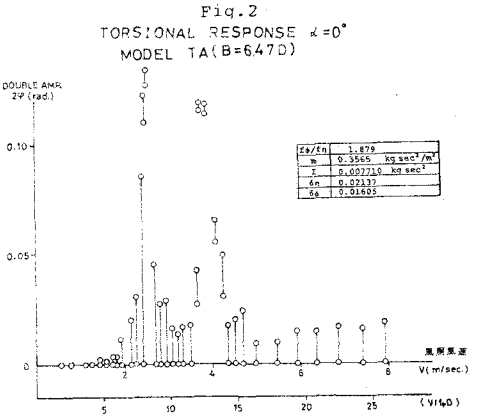

Fig.3

Naruhito Shiraishi, Masaru Matsumoto, Hiromichi Shiroto, Nobuyuki Sagawa

これは、塔柱間隔が主塔の渦励振発生において、1つの重要な要因になっていることを示す。ただし、B/D>5においてはねじれの高風速側の応答ピークを除いて、いずれもたわみ振動が7.5付近、ねじれ振動が6付近の無次元風速で発生しており、発振風速とB/Dの間には相関関係は見られない。ところで、応答振幅に関しては、たわみ振動については、B/Dは除き、B/Dが増加するにしたがい小さくなる傾向をもち、ねじれ振動については、反対にB/Dが増加するにしたがい大きくなる傾向をもつ。本研究では風洞実験と同時に水流実験による flow visualization の手法によって流れの性状を調べた。その1例としてFig7にB/D=5のフローパターン図を示す。これにより振動にともない周期的に上流側から放出された剥離渦が流下し、一定の周期で下流側塔柱付近に達していることが観察された。なお、その流下速度は一様流速に比べ小さく、0.5～0.7倍の速度になっている。

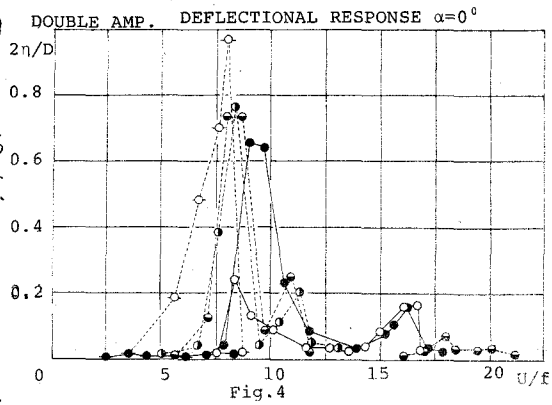

Fig.4

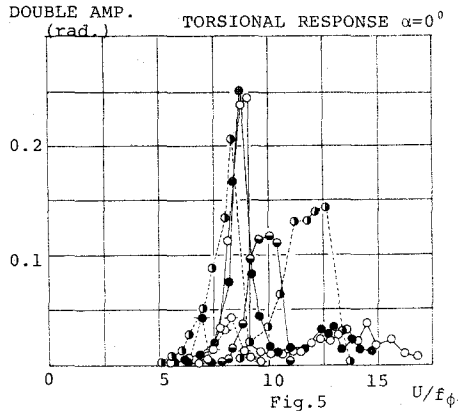

Fig.5

3.まとめ

吊橋主塔の渦励振特性において、断面比と発振風速との間には相関関係が見られ、flow visualization によって観察された流れの性状が渦励振発生時には周期的であったことなどにより、たわみ、ねじれともに渦励振発生機構には、上流側と下流側の塔柱からそれぞれ放出される渦の相互作用が密接な関連性をもつものと考えられる。また、塔柱間隔B/D=5付近で非常に渦励振特性が変化するということが指摘できる。これはB/D>5になると、下流側塔柱が上流側塔柱の渦形成領域からはずれ、1本の角柱の渦発生機構が支配的になるためと思われる。渦励振についての耐風設計上、塔柱間隔は、小さくすると固有振動数も低い応答発現可能な風速域の発生頻度の高いたわみ振動の応答振幅が大きくなることを考慮すれば、この主塔間隔は大きくしたほうが耐風工学的には有利であるといえよう。

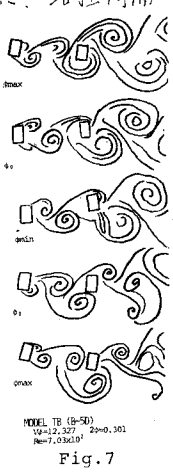

Fig.7

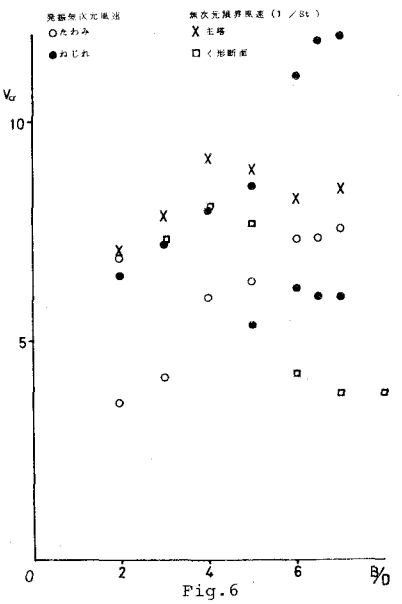

Fig.6

参考文献：本州四国連絡橋 大鳴門塔製作 主塔風胴試験報告書　S55年3月　本州四国連絡橋公団