

I-315

隅切りを有する吊橋主塔の耐風応答特性に及ぼすRe数の影響

本四公団 正員

大橋治一

川崎重工業 正員 ○酒井洋典

1. はじめに

近年、吊橋の長スパン化に伴って主塔も高層化し、主塔架設状態だけでなく橋梁完成状態でも、主塔が設計風速内で渦励振を起こすケースが、実験上生じている。橋梁完成状態における主塔の空力的制振対策として最近注目を集めているのが、矩形の塔柱断面隅角部を切り欠いた「隅切り矩形断面」である。隅切り矩形断面は、明石海峡大橋の主塔や東神戸大橋の塔に採用された実績があり、その制振効果は種々の風洞実験等で実証済みであるが、この隅切り矩形断面の大きな課題は、Re数によってその耐風応答特性が変化すること、ならびにその変化が断面比・隅切り率等の主塔基本断面形状パラメータによって異なることである¹⁾²⁾。

本研究は、上記のことを踏まえて、現在建設中の吊橋主塔を対象とした2次元模型風洞試験で、隅切りを有する吊橋主塔の耐風応答特性に及ぼすRe数の影響について、塔面外曲げ振動に着目して検討を試みたものである。

2. 実験内容

本実験に使用した風洞の測定部寸法は高さ3.0m×幅2.5m×長さ20mで、その風速分布は±0.3%、乱れの強さは0.2%である。供試模型は、主塔断面を対象とした2次元剛体模型で、実験Re数範囲をできるだけ広くとるために、塔柱断面幅がD=150mmの大型模型およびD=75mmの小型模型の2体を製作した。大型模型については、主塔基本断面形状パラメータと耐風応答特性の関係についても調査できるように、断面比B/D・隅切り率h/D・隅切り角 θ ・塔柱間隔L/D等を変えられる構造としている。図1に供試模型断面および実験ケースの断面形状パラメータを示す。実験は一様流中の偏角 $\beta=0^\circ$ において、曲げ・ねじれの2自由度（ケースによっては、曲げ1自由度とねじれ1自由度）で実施した。実験Re数範囲は曲げ共振時のRe数で $Re=0.42\sim 2.65\times 10^4$ である。

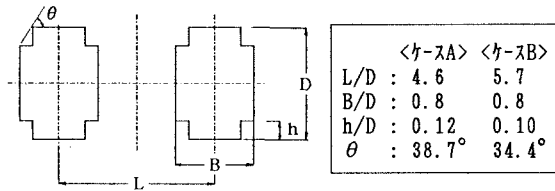


図1 実験ケース

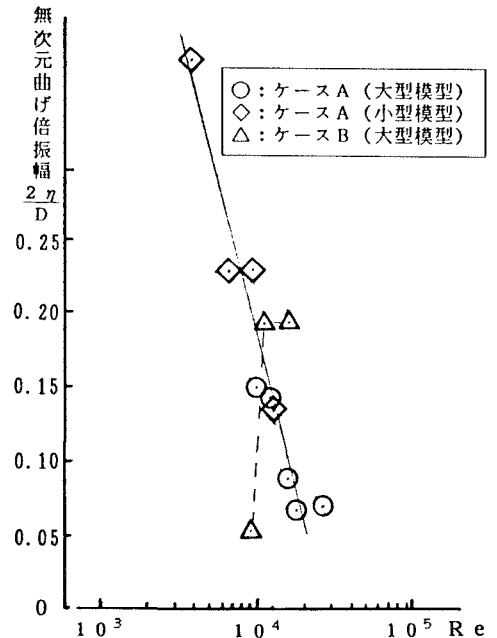
3. 実験結果および考察

3.1 Re数による曲げ応答振幅の変化

図2に示すように、ケースAでは、曲げの試験範囲である $Re=0.42\sim 2.65\times 10^4$ において、明石海峡大橋主塔風洞試験で見られたようなジャンプRe数（応答振幅が急変するRe数）の存在が認められず、応答振幅はRe数の増加とともに単調に低減している。これに対して、ケースBでは、 $Re=0.92\sim 1.17\times 10^4$ の間で応答振幅が急変し、この付近にジャンプRe数が存在していることをうかがわせる結果となっている。

3.2 曲げ応答振幅の変化に対する考察

Re数により応答振幅が変化する機構について考察す

図2 Re数と $2\eta/D$ の関係（塔面外曲げ）

るために、曲げ渦励振の共振風速における模型断面周りの流れを、ケースBの模型静止時および模型振動時について、スモークワイヤ法により可視化した。その結果を写真1に示す。

写真1より、模型静止時には高Re数・低Re数とも、上流側塔柱断面の後流に大きな差が見られない。

これに対して、模型振動時には高Re数と低Re数で上流側塔柱断面の後流に著しい相違が認められる。すなわち、応答振幅の大きい高Re数 ($Re=1.17 \times 10^4$) では、上流側塔柱断面の前縁隅切り部で剝離した流れが、背面近傍で強く巻き込んで顕著な渦を形成しているのに対して、応答振幅の小さい低Re数 ($Re=0.92 \times 10^4$) では、前縁隅切り部で剝離した流れが、背面より離れた位置で巻き込むため、顕著な渦を形成していない。

以上のことより、塔面外曲げ渦励振のRe数による応答振幅の変化は、模型振動時において、上流側塔柱の前縁隅切り部で剝離した流れが、背面近傍で強く巻き込むのか、あるいは背面から離れた位置で弱く巻き込むのかに、強く依存しているものと推測される。

3.3 水平板による渦励振の低減

そこで、上流側塔柱の後縁隅切り部に短い水平板を付設して、背面近傍での渦形成の阻止を図った。その結果、図3に示すように渦励振の発現が抑えられることが明かとなった。この事実は、3.2の推測結果を裏付けているものと思われる。

4. まとめ

本研究より、塔面外曲げ渦励振に関する限り、隅切りを有する吊橋主塔のRe数による応答振幅の変化は、振動時における上流側塔柱背面近傍での流況と強く関係していることが明かとなった。

今後、上流側塔柱断面の背圧係数等を計測して、Re数により応答振幅が変化する機構を、定量的に検討するつもりである。

<参考文献>

- 1) 本四公団：相似則検討作業班報告書，1991
- 2) 岡島他：隅切り矩形断面柱の空力特性におよぼすレイノルズ数の影響，日本風工学会誌，1991

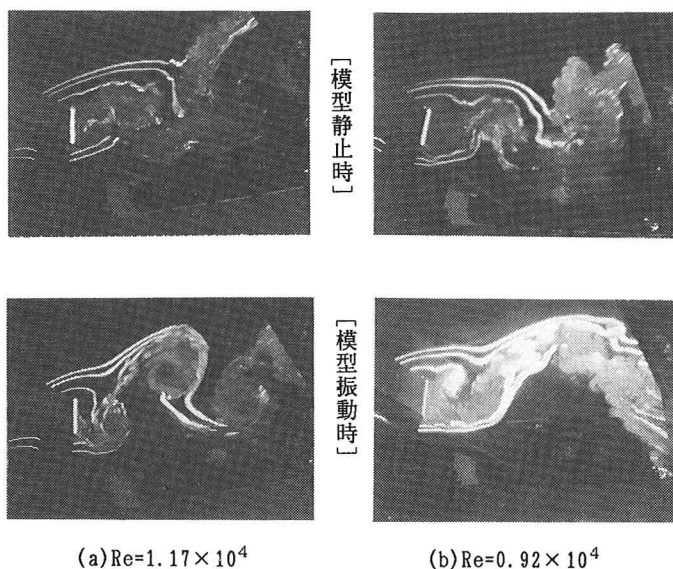


写真1 模型断面まわりの流れの可視化【ケースB】
(塔面外曲げ振動, $\beta = 0^\circ$, 一様流)

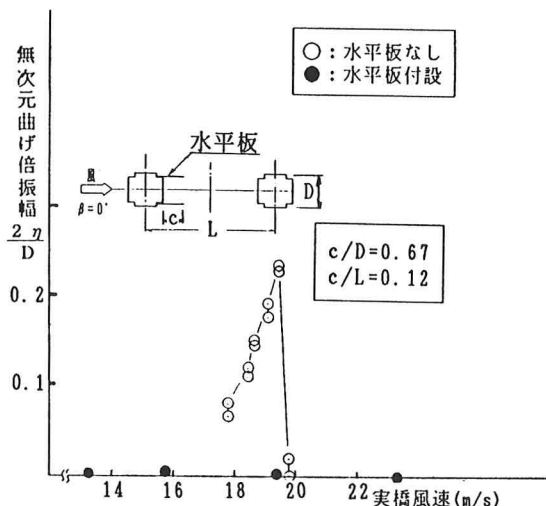


図3 水平板による渦励振の低減（ケースB）