

住友重機械工業 正員 ○武内 隆文
住友重機械工業 正員 風間 浩二

1. まえがき・・・本研究は、長大橋主塔(300 m 塔高程度)の空力応答特性を調べる実験に引続いて行なった、主塔断面回りの流れの様子を観察・考察し、渦励振の発現とその空力制振対策方法について検討・考察を行なうことを目的とした研究である。尚、本研究では、一樣流中独立状態の主塔を対象としている。

2. 実験内容・・・図1に実験に使用した模型(縮尺=1/150)の断面図を示す。実施した実験は、(1)水平偏角(β)変化による応答変化も含めその空力応答特性を把握する為の実験、(2)模型をピアノ線によりブロック毎に拘束し剛模型とした状態で後流の放出渦を熱線風速計により計測する実験。この時の熱線の設置位置は高さ方向に3ヶ所(100%高さ(塔頂部)、75%高さ、50%高さ)とした。

3. 実験結果と考察・・・重要と思われる実験結果及び特徴的な現象について以下に記し、考察を加える。

3-1. 主塔の弾性模型によるV-A(風速-振幅)実験・・・V-A計測の結果の一例($\beta = 0^\circ$, $\beta = 15^\circ$ のもの)を図2, 3に示すが、図中、矢印で示す値は、次の後流渦計測により求めた1/st.の値である。図2, 3の大きな差は $\beta = 15^\circ$ で η 2(曲げ2次)振動が2つのピークをもっている点であろう。この点に着目し、この現象を説明することを目指し以下の実験を進めた。

3-2. 主塔後流放出渦の測定実験(模型拘束(剛模型)状態)・・・得られた実験結果を整理し、表1に各偏角・各測定位置におけるst.数と $Ver = 1/st.$ を示し、図4にそれぞれの振動モード別にV-A- β を描き同時に表1の Ver の値をプロットした。実験結果の概要とその考察を以下に記す。

(1) $\beta = 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ において2つの卓越振動数が計測された。
(2) $\beta = 15^\circ, 20^\circ, 30^\circ$ において、卓越振動数は塔高方向に変化していることが確認され、表1に示される様に $\beta = 15^\circ$ の場合、塔頂部では $st. = 0.156$ ($\bar{U} = 6.4$)、塔中央高さ部付近では $st. = 0.098$ ($\bar{U} = 10.18$)が卓越していた。

(3) 昨年の研究において単柱の $st. = 0.155$ ($\beta = 0^\circ$)が確認されており、従来の矩型断面に関する研究で1:4矩型断面(本主塔の全体の縦横比は1:4.02)の $st. = 0.13$ ($\beta = 0^\circ$)が報告されている。²⁾一方、後流渦計測より $\beta = 0^\circ$ では $st. = 0.133$ であり上述の1:4矩型のst.数と非常に近い値を示しており、2本柱ではあるが主塔全体としては、1:4矩型に近い後流渦放出があるものと推定され、 $\beta = 15^\circ$ における $st. = 0.098$ も1:4矩型の $st. = 0.13$ が β 変化に伴ないリフォームされたものと考えられる。

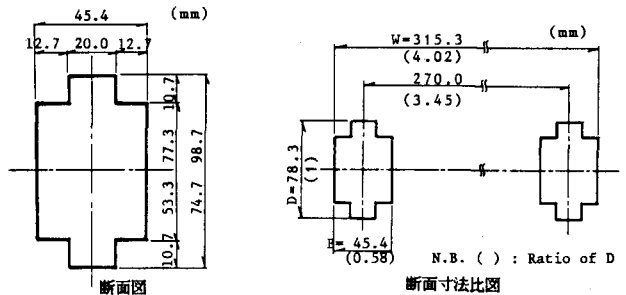


図1 主塔断面図及び断面寸法比図

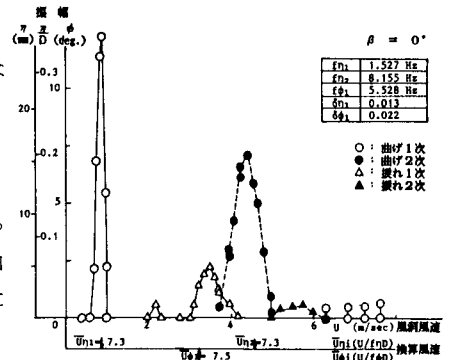


図2 V-A 応答図 $\beta = 0^\circ$

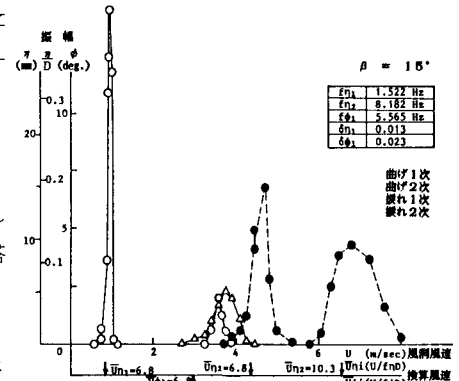


図3 V-A 応答図 $\beta = 15^\circ$

(4) 上述より $\beta = 15^\circ$ では、塔中央高さ部付近では塔全体としての 1:4 矩形と同様な渦放出が、そして塔頂部では塔柱（単柱）としての渦放出がなされているものと推測される。これは今までにも報告されているが、塔中央高さ付近では三次元的流れの存在が考えられ、これにより塔中央高さ部は塔全体としての渦放出があり、一方、比較的二次元的流れとなる塔頂部付近では、 $\beta = 15^\circ$ と角度をもつてくると、はっきりと単柱としての渦放出がなされるからではないかと考えられる。

(5) 以上、3-1.の V-A 実験で $\beta = 15^\circ, 20^\circ$ において $\eta 2$ の 2 つのピークが現われたことに対する説明ができたと思われ、ピークを示す風速も $\bar{U} = 6.41$ ($\bar{U} = 6.8$)、 $\bar{U} = 10.2$ ($\bar{U} = 10.3$) <注、() 中の値は V-A 測定での値> と良く一致している。同時に、 $\eta 2$ のみにおいて 2 つのピークが現われたのも振動モード形状を考慮すると理解されよう。既ち、塔全体としての後流渦が放出されるのは、塔中央高さ部であり、曲げ・振れ 1 次モードが、 であるのに対し、曲げ 2 次モードが  であることを考慮すると、渦放出が高さ方向に変化していることに起因して、 $\eta 2$ のみにおいて 2 つのピークが現われたことが理解される。

(6) 更に、振れ振動が何故 $\beta = 20^\circ$ より大きい偏角で現われないかも推定されよう。つまり、振れ 1 次は従来より議論されている単柱としての振動か、塔全体としての振動かという問題とも関係するが、上記結果 ($\bar{U} = 7.5$ が発振風速) からすると主塔全体としての振動であるとの場合言えよう。それ故に単柱としての後流渦放出成分が卓越してきて、塔全体としての渦放出が弱まってくる $\beta = 20^\circ$ から図 4 に示される通り振れ振動が出なくなってくるのではないかと考えられる。又、従来より、空力制振対策を施す場合、塔高全体にわたって取付けるより塔頂部 10~20% あるいは、塔頂部より 40~50% 程度だけに取付けた方が有効であるといった結果が出ていたのも、この後流渦放出の塔高方向への変化といったことを考慮すると理解される現象であると思われる。

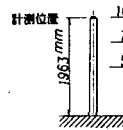
4. まとめ・・・(1) 上記考察より、長大橋主塔の空力制振対策を考える際には、従来の中高程度の主塔とは違った対策方法、すなわち、塔中央高さ部は、主塔全体としての断面形状に有効な対策を、そして塔頂部付近については塔柱（単柱）としての断面に有効な対策を施すといった、従来とは差別化された空力制振対策が必要であると考えられる。

(2) こういった実験結果を背景に対策の具体的な方法の一例として、塔柱の断面形状、あるいは隅切り部形状・寸法を塔高方向に段階的に変化させていくといった方法が、有効であろうと考案される。

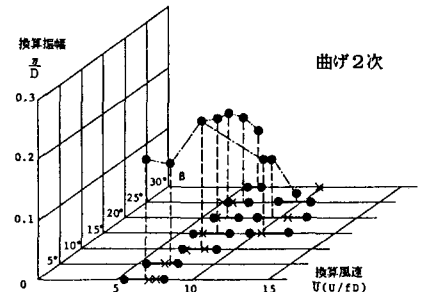
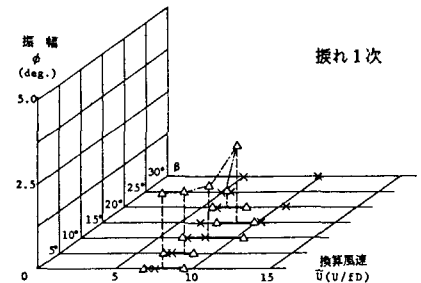
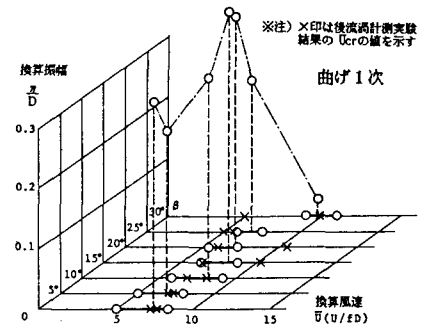
<参考文献> 1) 武内・白石・松本 第 40 回年次学術講演会
2) 白石・松本 第 6 回風工学シンポジウム論文集、1980

表 1 後流渦計測実験結果

計測位置 β (偏角)	Strouhal 数					
	100%高さ (塔頂)	75%高さ TOP-500mm	50%高さ TOP-1000mm (塔中央高さ部)	100%高さ (塔頂)	75%高さ (塔中央高さ部)	50%高さ (塔中央高さ部)
0°	0.136 (0.183)	0.133 (0.285)	0.133	7.33 (5.48)	7.54 (3.77)	7.54
-5°	0.143	0.138	0.138	7.01	7.22	7.22
+5°	0.142	0.140	0.138	7.04	7.12	7.22
+10°	0.145	0.145	0.123	6.89	6.89	8.11
+15°	0.158	0.158	0.088 (0.158)	6.41	6.41	10.18 (8.41)
+20°	0.161	0.162	0.085 (0.158)	6.19	6.16	10.51 (8.28)
+25°	0.203	0.181		4.83	5.53	
+30°	0.203	0.101 (0.198)		4.83	9.98 (5.02)	



※ () 中の値は、第 2 車輪振動数が明確に現われている場合の第 2 車輪の値を示す。
 < > 中の値は、第 2 車輪振動数が明確ではないが現われている場合の第 2 車輪の値を示す。


図 4 V-A- β 図と $1/st.$ の関係