

住友重機械工業 正員 ○武内 隆文

京都大学工学部 正員

白石 成人

京都大学工学部 正員

松本 勝

1. まえがき・・・本研究は、超長大吊橋主塔（300m塔高程度の想定実橋）のもつ構造特性とその空力応答特性との関係を明らかにすることと、耐風対策を考える際の制振対策としての塔柱の形状効果を考察することを目的とした研究である。尚、本研究においては主塔の独立状態を対象としている。

2. 実験内容・・・写真1に示す三次元弾性体模型を用いた一様流中での実験を実施し、塔頂部の応答振幅を2台の光学式変位計により測定した。使用風洞は、京都大学工学部土木工学教室の吸込式エッフェル型風洞である。実施した実験は、(1)図1に示す原断面について、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実験、(2)図1に示す変形断面を対象に、断面形状変化が応答特性に及ぼす影響を調べる実験とである。

3. 実験結果と考察・・・重立った結果及び特徴的な現象について概要を記し、若干の考察を加える。

3-1. 超長大吊橋主塔の耐風応答特性

(応答への偏角の影響・・・(1)図2に原断面の $\beta = 0^\circ, 10^\circ$ のV-A(風速-応答)を示す。 $\beta = 0^\circ$ の場合、面外曲げ1次(η_1 と略す)は想定実風速9m/s($\bar{U}\eta_1 = 7.5$)付近で2 η (倍振幅)=7.5m(2 $\eta/D \div 0.65$)程度、振れ1次(ϕ_1 と略す-逆位相曲げ)は同じく47m/s($\bar{U}\phi_1 = 9.0$)付近で2 $\phi = 0.22$ rad.程度、 η_2 (曲げ2次)は同じく60m/s($\bar{U}\eta_2 = 7.5$)付近で2 η (塔頂部)=5.5

m程度の渦励振最大応答値が現われている。実験を行った実風換算風速105m/sの範囲内では、発散振動は発現していない。 $\beta = 5^\circ$ は 0° と同様な応答を示すが、図2に示す通り $\beta = 10^\circ$ では、 η_2 渦励振は $\bar{U} = 8.0$ 付近で1つ目のピークが、 $\bar{U} = 11.0$ 付近で2つ目のピークが現われる様になる。 $\beta = 20^\circ$ も 10° とはほぼ同様な結果である。 $\beta = 45^\circ, 90^\circ$ では η_1, ϕ_1, η_2 , 面内曲げ振動($\delta = 0.4$)のいずれの振動も実験風速範囲内では現われていない。(2)偏角変化が空力応答に及ぼす影響について特徴的な点は、図3の通りで振れ渦励振の最大応答値が β の増大に伴って減少していくのに対し、曲げ2次のそれが $\beta = 20^\circ$ まで β の増大に伴い増加していることである。この現

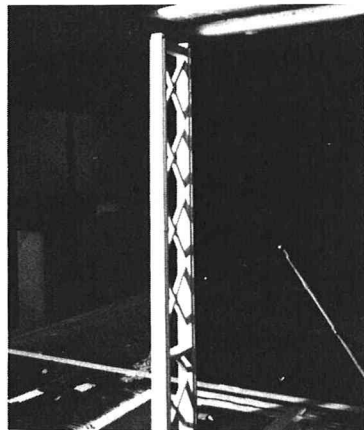
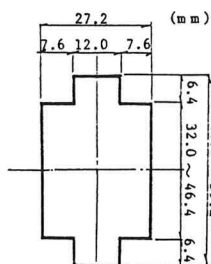
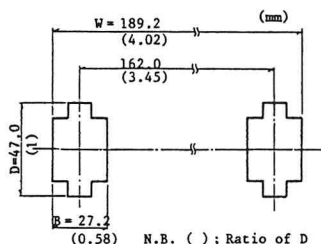


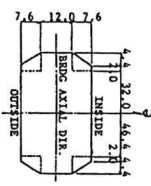
写真1 風洞実験模型



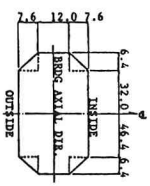
原断面寸法図



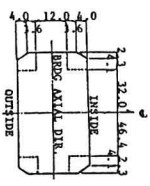
断面寸法比図



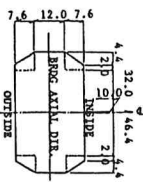
変形断面1



変形断面2

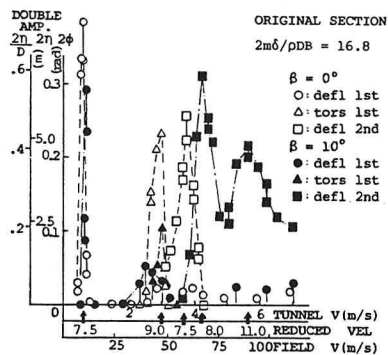


変形断面3



変形断面4

図1 主塔原断面図(断面寸法比図)反変形断面図

図2 原断面V-A図 $\beta = 0^\circ, 10^\circ$

象については、前述の最大応答を示す換算風速が曲げと振れとで異なることも合わせて現象を解明していくことが必要と考えている。

以上の結果より、何らかの制振対策をとる必要があると判断されるので、次に、断面の幾何学形状と空力応答との関係を調べ、制振対策としての塔柱の形状効果を調べることにする。

3-2. 塔柱幾何学形状が耐風安定性に及ぼす影響・・・(1) 原断面も含め、7種類の幾何学形状の塔柱について空力応答特性を調べたところ、設定偏角 $\beta=0^\circ$ の場合、装置1を内外共に上より5ブロック分(塔高の約46%)取付けた変形断面1がその中では、耐風安定性が最も良く、応答は図4に示す通りであった。この状態で $\beta=5^\circ, 10^\circ$ と変化させたが、いずれも原断面より応答は小さくなっていった。

又、装置1の取付ブロック数を変えたが、5ブロックより少なくても、多過ぎても制振効果は悪くなった。(2) 図5に変形断面3の場合のV-Aを示すが興味深い現象が現われている。即ち、風洞風速 3.75 m/s 付近で曲げと振れの両振動の同時発現が認められた。これは $\bar{U}\phi_1=11.2, \bar{U}\eta_2=7.7$ であり、曲げ、振れが同時に出現の原因を考察するには前述の $\beta=10^\circ$ の η_2 の2つ目のピークが現われる風速 $\bar{U}=11.0$ が有効な情報を与えているものと判断される。今後st.数検定・可視化等の実験を通してこの現象を考察していく予定である。(3) 図2に示す変形断面4は、変形断面1の内側にプレートが付けたものであるが、図6に示す通り特異な現象が認められた。振れ振動がピークを過ぎ少し応答が低下した後、応答は風速増加と共に増大して行くという現象であり、これについては、単柱としてのギャロッピングが主導して発生した振動の可能性も考えられ今後更に静的空気力測定等実験を重ね、現象を明らかにして行くことが必要と考えている。

以上の様に僅かな断面形状の変化により、応答が良くも悪くも大きく変化することが明らかとなった。本想定原断面については何らかの制振対策が必要と判断されるが、対策を考える際、この点を十分考慮し、特に2本柱の空力相互干渉に注意しての検討が重要であると思われる。

4. まとめ・・・(1) 本想定主塔においては、 η_1, ϕ_1, η_2 の応答がかなり大きく現われており、何らかの対策を要するものと考えられる。(2) 水平偏角のsensitivityが大きく、かつ曲げと振れ洞励振とでその傾向が異なっていた。(3) 断面形状の僅かな変化により、応答は大きく変わり、その中でも良くなるもの、悪くなるものが現われ、興味深い複雑な現象がいくつか認められた。制振対策を考える際この点に留意し、特に2本柱の空力相互干渉に注意して対策を講じる必要があると考えられる。今後、st.数検定・可視化等の手法を用い現象の解明を進めて行く予定である。

5. 後記・・・最後に、本研究の実施に際し、実験等で御協力を戴いた京都大学工学部助手・白土博通氏、同大学院生・油谷康弘氏をはじめ橋梁研諸氏に謝意を表します。

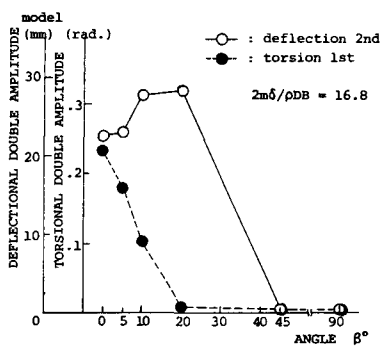


図3 最大応答値-偏角図

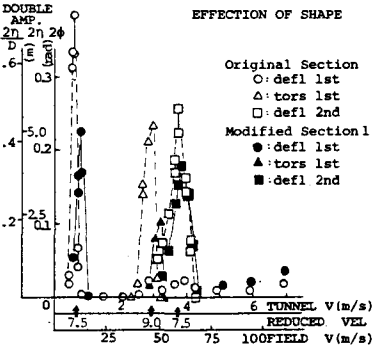


図4 変形断面1の応答(V-A)図

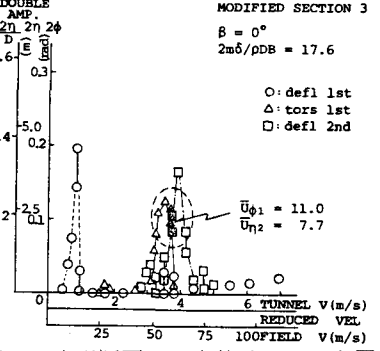


図5 変形断面3の応答(V-A)図

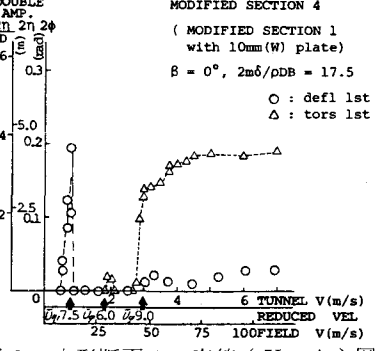


図6 変形断面4の応答(V-A)図