

首都高速道路公団 正員 大野 晃平

首都高速道路公団 正員 〇安藤 憲一

川崎重工業(株) 佐野信一郎

川崎重工業(株) 正員 坂井 藤一

1 まえがき 独立状態の吊橋主塔が渦励振を発生するように、独立一本柱でかつ一面吊りの斜張橋主塔が橋軸方向の風に対して不安定振動を起すことは十分考えられることであり、防振対策を含めてその耐風安定性を検証することは重要であると考えられる。その際、塔先端部における風のまわり込みの影響、塔のテーパの影響、ケーブルの影響および空力ダンパの付設範囲の影響等の3次元的效果に留意する必要があるが、これらのファクタは3次元実験である全体模型実験によって考慮することができる。

ここでは、橋軸方向の風に対する塔の耐風安定性を調べるために実施した風洞実験のうち、全体模型実験の結果について報告する。

2 実験概要 実験には川崎重工業(株)の構造物用風洞(高さ3m×幅2.5m×長さ20m)を使用した。全体模型は図1に示すごとく親塔の水平偏角が0°となるように風洞内に配置した。全体模型は縮尺1/64の3次元弾性模型で、剛性を鋼製の剛性棒で相似させ、幾何学的相似をひのき製の木枠で満足させた。その際木枠が模型の剛性に寄与しないように、適当な間隔で切断し、剛性棒に1点支持させた。質量分布は鉛線を剛性棒に巻きつける方法で調整した。本実験の実験ケースを表1に示す。また本実験の代表的ケースである親塔ケーブル有り、空力ダンパ無しの実験条件を表2に示す。本実験で使用した空力ダンパは部分模型実験で最も防振効果の優れていた円弧状の導流板(文献(1)の空力ダンパNo.2)である。本実験では気流特性として一様流を対象とした。

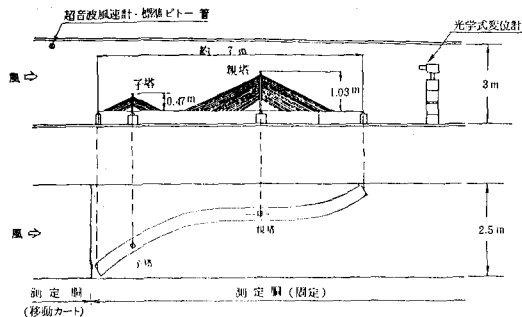


図1 全体模型の配置

3 実験結果 (1) 親塔の耐風特性

図2に示すように親塔ケーブル有り、空力ダンパ無しの場合、橋軸方向の風に対して実橋風速10%付近から親塔は渦励振を発生し、16%付近でピークを迎え、22%付近で収まる。このときの最大応答振幅は実橋塔頂倍振幅で63cmで、最大応答振幅における無風時対数減衰率(構造減衰)は図3に示されるように $\delta = 0.03$ である。また、親塔ケーブル無し、空力ダンパ無しの場合も渦励振の風速範囲は上記のケースとほぼ同様であるが、最大応答振幅は68cmに達し、かつ図3に示されるように無風時対数減衰率は上記の親塔ケーブル有りのケースより大きくなっている。すなわち親塔ケーブル無しの方が無風時対数減衰率が高いにもかかわらず最大応答振幅が大きくなっており、親塔ケーブル有りのケースに比べて耐風安定性が悪くなっていると言える。

ところで部分模型では、文献(1)に示すように無風時対数減衰率が、0.01のとき、渦励振の最大応答振幅が実橋倍振幅で100cm以上に

表1 実験ケース

親塔ケーブルの有無	有						無
空力ダンパの付設範囲(m)	0	$\frac{h}{3}$	$\frac{h}{2}$	h	o	h	h

表2 実験条件

	実 値	模 型 (親塔ケーブル有り) (空力ダンパ無し)
親塔の一般質量 M ($g \cdot s^2/m$)	9.412×10^4	0.343
風 速 倍 率	—	7.830
親塔の振動数 (Hz)	0.5614	4.589
無風時対数減衰率 (構造減衰)	0.01	0.02 (0.01 ~ 0.04)

$$(注) M = \int_0^h m(x) \eta^2(x) dx, \quad \eta(h) = 1.0$$

$m(x)$: 親塔の鉛直方向の質量分布

$\eta(x)$: 親塔の橋軸方向角付振動モード



達している。また、部分模型では渦所振以後の高風速域（実橋風速で20%以上）で、曲げモードの共振振動であるギャロッピングが発生しているのに対し、全体模型では曲げモードの不規則振動となっている。この部分模型と全体模型の耐風特性の差の一因として、無風時対数減衰率の影響が考えられる。図3に示されるように、全体模型の無風時対数減衰率は、振幅によってかなり変化している。そこで、全体模型実験の最大応答振幅に対応する無風時対数減衰率 $\delta = 0.03$ のときの部分模型実験結果を図4に示す。図4を図2に示す全体模型実験結果と比較してみると、部分模型実験における渦所振の最大応答振幅は実橋倍振幅で63cmとなり、全体模型実験結果とよく対応する。さらに渦所振以後の高風速域では、部分模型の方も曲げモードの不規則振動となり、全体模型の挙動とよく対応した耐風特性となっている。ただし、不規則振動の振幅は全体模型より部分模型の方が大きくなっている。

(2) 空カダンパの付設範囲と防振効果の関係

図6は部分模型実験¹⁾で最も防振効果の優れていた空カダンパを全体模型（親塔ケーブル有り）の親塔に付設して、空カダンパの付設範囲と防振効果の関係を調べた結果である。なお図6では振幅の最大値のみをプロットしている。これより次のことが明らかとなった。

- ① 空カダンパを親塔の全高にわたって付設すれば、渦所振は完全に防振される。
- ② 空カダンパを親塔塔頂より塔高の1/2付設すれば、渦所振の最大応答振幅は空カダンパ無しのケースの1/2程度になる。
- ③ 空カダンパを親塔塔頂より塔高の1/3付設すれば、渦所振の最大応答振幅は空カダンパ無しのケースの1/3程度になる。
- ④ この空カダンパは渦所振だけでなく高風速域の不規則振動に対しても防振効果が認められるが、この場合空カダンパの付設範囲の影響は小さい。

4 あとがき 本実験により空カダンパの防振効果を全体模型の中で確認できた。本実験結果が今後この種の斜張橋主塔の耐風設計資料として役立てば幸いである。

(参考文献)

- 1) 戸田・山崎・酒井・小川；曲線斜張橋主塔の耐風安定性とその防振対策—部分模型実験—，土木学会年次学術講演会，I部，1984

