

I-238 部材配置に着目したA型塔の空力応答特性

住友重機械工業 正員 斎藤 善昭

(研究実施時 横浜国立大学)

横浜国立大学 正員 山田 均

横浜国立大学 正員 宮田 利雄

1. まえがき 吊り形式橋梁の塔の風による塔面外、ねじれの振動は、架設時については以前から良く検討されている。最近では塔面内の振動および桁が併合した後つまり完成時にも空力振動が有為な大きさで発生する懸念があるとされ、空力振動に対する安定化の検討が数多く実施されるようになってきた。これらの塔の制振対策は、例えばかつしかハープ橋のように導流板を配置する場合、東神戸大橋のように塔柱に隅切りをもうけた場合、のように1本柱の塔、2本柱の塔を問わず、塔柱まわりの流れを制御する目的で塔柱の形状を微妙に変え対処してきている。これは塔柱の配置は形式と桁幅で決まり耐風安定化対策としての形状変更が実現可能なものは塔柱まわりの僅かな部分であることが主たる理由である。本研究では塔面内の空力振動について見方を変え、斜張橋に例が多いA型塔の水平梁の位置による空力振動変化を調べ、水平梁の位置の最適化のために基礎資料を提供するものである。

2. 実験条件 研究対象とした斜張橋は400mクラスで桁幅が6車線の相当の塔(Bタイプ)とそれより桁幅が広い場合(Cタイプ)と桁幅が狭い場合(Aタイプ)の3ケースを想定した。水平梁の位置変更を容易に行うため、塔基部をピンとしてロッキング振動する縮尺が1/100程度に相当する剛体模型を用いた(図-1)。水平材位置は塔頂に近いところで塔上端からおおよそ塔高の15%、低いところで塔高の50%程度まで動かしている。塔頂の振幅を1に基準化した固有振動モード系を用いた一般化重量は393g(Aタイプ)、424g(Bタイプ)、415g(Cタイプ)の1%以内に梁の位置に関わらず調整した。なお構造減衰率はすべての場合電磁ダンパーを用い0.08に調整した。この振動質量は実際の同規模の塔のものに比べおおよそ半分程度であり構造減衰率が僅かには小さいが同程度である。したがって、相対的に小さなスクルートン数を与えることになって振動が発生し易い状況になっている。これは作用する空気力の違いを明確にするためにこの質量条件としている。先にも述べたように面内振動のみを対象としており、模型基部に十字バネをもうけヒンジとし、塔頂に水平にバネを取り付け固有振動数を調整している。

3. 実験結果 振動応答はスクルートン数が小さい理由もあり、無次元風速($V_r = \frac{U}{fB}$ 、 f :固有振動数、 B :塔柱見附幅45mm)で5を越える領域で発散振動が発生している。例えば実橋の塔の固有振動数を0.8Hz程度と想定すると20m/s付近の低い風速領域からの発現となる。図-2~4に想定した各塔モデルの $V-\delta$ 図を示している。水平梁のない場合と水平梁のある場合に注目すると励振力が大きく低下していることがわかる。この低下の度合いは水平梁の位置がある位置のとき最大となり、最適な位置が存在する。また、塔の開き角との関係では開き角の小さいAタイプの最適水平梁位置とCタイプの水平梁位置と比較するとAタイプの方が低い位置になり、それより低い位置でも励振力の増加は少ない。このことで両塔柱と水平梁で構成される3角形状の吹き抜けの量が制振の大きなファクターになっていることがうかがえる。さて、いずれの場合も最適位置で発散振動制振に必要な付加減衰は対数減衰率で0.03ないし0.02程度あることは図から推定できる。実験に用いた模型の一般化質量が同タイプの塔の半分程度であることは既に述べた通りであり、等価質量、質量比の違いを考慮すると、水平梁の最適位置の場合に必要な実橋での構造減衰率はトータルで0.02~0.03となる。この量が自立した状態で実現できるかという問題には議論の余地があるかも知れないが、有効な空力的安定化対策となることは間違いはないであろう。

