

名港中央大橋西塔架設時のアクティブ振動制御

川崎重工業 正会員 ○玉木利裕, 加賀谷博昭, 恒川昌宏
日本道路公団 正会員 太田哲司, 井ヶ瀬良則

1. はじめに

名港中央大橋は橋長1170[m]、主径間590[m]の3径間連続鋼斜張橋で、その主塔は高さ190[m]のA型形状である。完成時の橋軸方向風による面内曲げ発散振動を防止するため、変形8角断面を採用している。しかし架設時の塔独立状態では、風速8[m/s]程度の橋軸直角方向風により、面外曲げ1次の渦励振の発生が認められる。そこで架設時主塔の振動対策として、アクティブ制振装置を採用することとした¹⁾。本橋西塔では制振装置を加振機として作動させて各架設段階で主塔の加振試験を行い、主塔の振動特性を制振装置の制御則に反映している。本論文では西塔に適用しているアクティブ制振装置と、塔の振動特性について報告するものである。

2. 名港中央大橋西塔の制振条件

名港中央大橋は、主塔の架設工法は東塔がタワークレーン工法、西塔はクローラクレーン工法と異なっている。また西塔では主桁を大ブロック架設し、主塔とベントで支持している。架設時の耐風性検討では、東塔の風洞試験結果を基に西塔の耐風性を検討し、面外曲げ1次モード（固有振動数0.419～0.182[Hz]）の渦励振が、架設作業、架設機材、主塔構造の安全上問題となる可能性があると判断された。そこで中間水平材架設直前の架設ステップ1から塔柱にアクティブ制振装置を設置し、主塔の対数減衰率を0.03～0.04程度以上に増加し架設工事の安全を図ることとした。

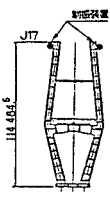
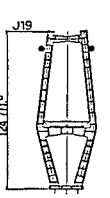
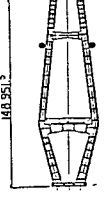
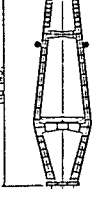
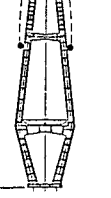
架設ステップ	step 1	step 1_1	step 1_2	step 2	step 3
架設状況					
固有振動数 Hz	0.419	0.359	0.276	0.203	0.182
渦励振発生風速m/s	25.7	22.1	16.9	10.2	9.2
所要対数減衰率	0.013	0.013	0.027	0.052	0.046

図1 名港中央大橋西塔の制振条件

3. アクティブ制振装置の構成

西塔の制振装置として、図2に示すようなトルク制御のACサーボモータ（定格37[kW]）とボールネジにより、8[ton]の重錘を直線駆動し、その反作用で制振力を得る方式とし、2基を塔柱に設置した。本装置には、H_∞制御理論を適用した^{2,3)}デジタル制御系を構成している。

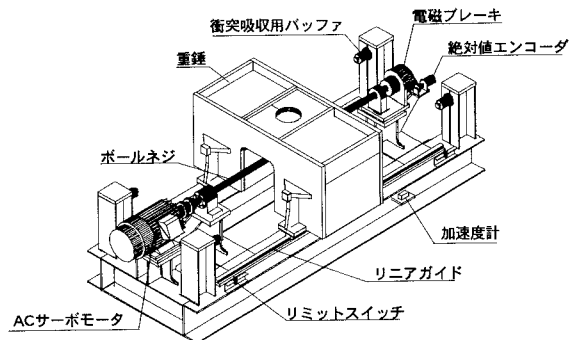


図2 重錘直動型アクティブ制振装置の構成

4. 主塔加振試験による振動特性計測

制振装置のパラメータ調整のため、各架設ステップで制振装置を加振機として作動させ、定常加振、自由振動により主塔構造の振動特性（固有振動数、対数減衰率）を計測した。定常加振実験による周波数応答曲線を図3に示す。得られた振動特性を表1にまとめる。本主塔構造の減衰特性は設計で仮定している $\delta = 0.01$ よりかなり大きく、この原因としては桁を支持するシューなどの摩擦などが考えられる。

表1 架設時の主塔振動特性

架設ステップ	固有振動数 [Hz]		対数減衰率
	解析値	計測値	
Step 1	0.419	0.453	0.31
Step 1_1	0.359	0.380	0.17
Step 1_2	0.276	0.290	0.09
Step 2	0.203	0.220	0.05
Step 3	0.182	0.183	0.04
Step 3 (2)	0.182	0.185	0.035

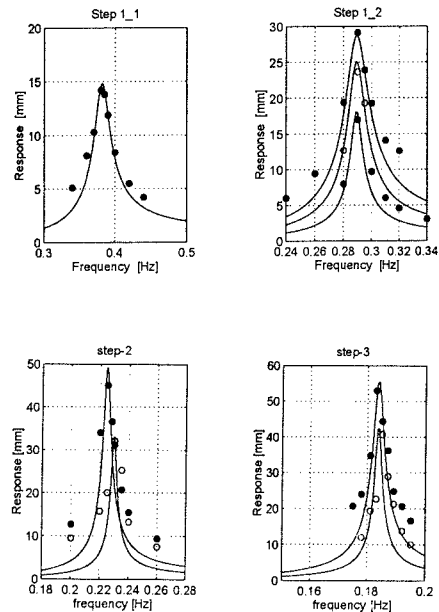


図3 架設時の主塔構造の振動特性

5. 制振装置の制振効果

架設ステップ3で制振装置を塔頂に移設した状態で、制振装置を用いて加振実験を行い、制振装置の効果を計測した。図4に主塔頂部の自由振動加速度波形を比較する。自由振動計測の結果、制振装置作動時には設計条件以上の対数減衰率となっており制振装置の効果を確認できた。

6. おわりに

名港中央大橋西塔の架設時振動制御について、制振装置の設計の概要、主塔の加振実験による振動特性計測と制振効果の確認について論じた。これらの制振装置に関するさまざまな業務には名港中央大橋西塔JVの方々にご協力を頂いており、ここに謝意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 太田, 井ヶ瀬, 富田, 勝浦, 恒川, 玉木, 「名港中央大橋の塔架設時制振対策」, 土木学会第49回年次大会, 1994.
- 2) D.C. McFarlane and K. Glover, "Robust Controller Design Using Normalized Coprime Factor Plant Descriptions", Springer Verlag, 1990.
- 3) 坂井, 高枝, 玉木, 西, 村井, 加賀谷, 「H_∞制御理論による橋梁主塔の能動制振模型実験」, 第2回振動制御コロキウム, Part B 講演論文集, 1993.

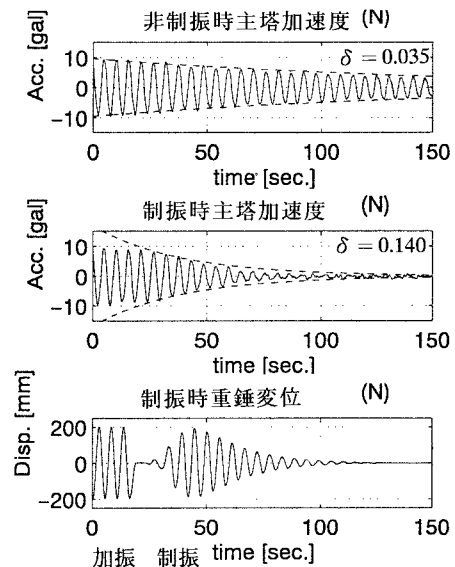


図4 制振装置の効果（自由振動の比較）