

鹿島技術研究所 正会員 ○新原雄二
 鹿島技術研究所 正会員 竹田哲夫
 鹿島技術研究所 箭野憲一 大塩 真 中野龍児

1. まえがき

張出し施工を行うPC斜張橋はヤジロベエに近い状態となり、完成系に比べ構造的に不安定である。したがって、地震や風による動的応答が完成系よりも大きくなる場合があり、完成系と同じ規模の外力(地震、風)を考えた場合には、施工時の方が設計的に厳しくなることもある。施工中の長大橋梁の風応答に関しては、従来から独立主塔の低次モードの渦励振が問題となることが多かったが、張出し架設工法を行う長大PC斜張橋では主桁-斜材-主塔がヤジロベエのように振動するガスト応答が卓越する¹⁾。したがって、主塔よりも主桁の振動の方が大きく、制振の対象となる振動は主桁の上下動である²⁾。

本研究では、アクティブ型的主桁上下動制振装置を開発し、張出し施工中の長大PC斜張橋において、風観測により制振効果を確認したので報告する。

2. 張出し施工時のPC斜張橋の風応答特性

この斜張橋は同じ構造特性を持つ2つの主桁-主塔系からなり、制振装置を設置していない側的主桁-主塔系では、張出し施工中に風観測を実施した。その結果、主桁の振動は1次モードのガスト応答が卓越することがわかった³⁾。

図-1に固有値解析から求めた最大張出し時(張出し長120m)における1次モードの振動モードを示す。固有値解析の結果、1次モードの固有周期は7.99秒、有効重量は約1760tonfであった。図-2は、張出し長による1次固有周期の変化を表しており、張出し長が長くなると固有周期が伸びることが示されている。このように張出し施工中的主桁の振動は、①固有周期が長い、②張出しにより固有周期が変化する、③上下方向に振動するなどの特徴がある。

3. 主桁上下動制振装置の概要

張出し中の主桁のガスト応答の制振を行う場合、前述した理由から、パッシブ型の制振装置は不向きである。そこで、アクチュエータで重錘を上下方向に駆動することで制振力を発生させるアクティブ型の制振装置を開発した。制振装置を図-3に示す。制御則は制振装置設置位置での主桁の絶対速度のフィードバックを基本とした最適制御則を採用している。また、制振装置は移動機構を備えており、張出しとともに制振効果の高い主桁先端部への移設が可能である。

今回は制振装置1台を片側的主桁の先端付近に設置し(図-4)、装置1台で最大張出し時における1次モードの減衰定数を3倍に増加させるように仕様を決定した。施工管理の面からは反対側的主桁先端にも装置を設置して重量のバランスをとる方がよいが、今回は装置の性能および制御則の妥当性の検証し制振効果の確認するという観点から、1台のみの設置となった。

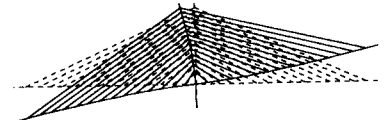


図-1 1次振動モード (T=7.99sec)

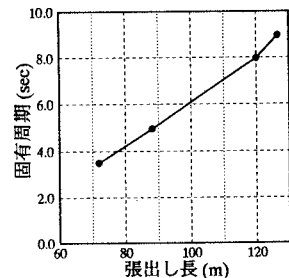


図-2 張出し長による固有周期の変化

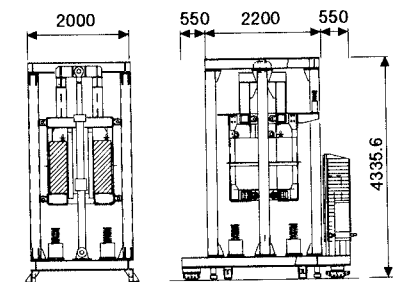


図-3 主桁上下動制振装置の一般図

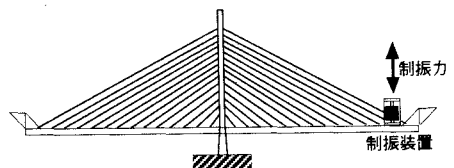


図-4 主桁上下動制振装置の設置

4. 加振実験及び風応答観測

(1) 加振実験

加振実験はP C斜張橋の減衰特性の把握と制振装置の性能確認を目的として行った。実験時の張出し長は92mであり、装置は84m地点に設置した。まず、制振装置を用いて1次モードの固有振動数で主桁を加振し、主桁の振動が定常状態に達した後に加振を停止して非制振時の減衰波形を記録した。次に、同様に加振し

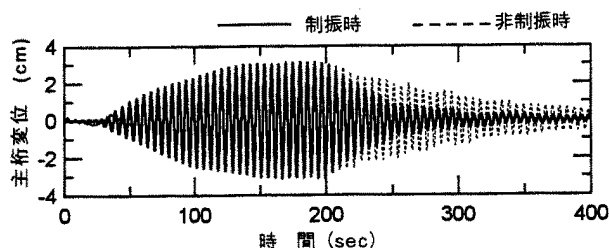


図-5 主桁先端で測定した減衰波形

て定常状態に達した後、装置を制振モードに切り換えて制振し、制振時の減衰波形を記録した。実験により得られた減衰波形を図-5に示す。また、1次モードの減衰定数を表-1に示す。主桁先端の片振幅が3.8cmのとき、非制振時の減衰定

表-1 制振時と非制振時の減衰定数

主桁片振幅	非制振時	制振時
3.8cm	0.78%	2.24%

数が0.78%で、制振時の減衰が2.24%であった。したがって、斜張橋の1次モードの減衰定数が約3倍に増加しており、本装置が設計通りの性能を有していることが確認できた。

(2) 風応答観測

風応答観測は風による斜張橋の振動に対する制振効果の確認を目的として行った。風応答観測時の張出し長は108mで、装置は94m地点に設置してある。制振装置の重錘重量の1次モードに対する有効重量比は、0.5%程度である。制振装置の起動トリガは主桁の片振幅1cmとし、主桁と重錘の振動のほかに風速と風向も観測した。観測の結果得られた制振時と非制振時の10分間の平均風速と主桁先端の変位のRMS値の関係を図-6に示す。なお、非制振時の観測値は、制震装置を設置していない側の主桁-主塔系での同じ張出し長における風観測値をプロットしている。本装置は有効重量比が0.5%程度と小さいが、図-6より主桁のガスト応答振幅が低減しており、特に高風速域ほど本装置の効果が顕著であることがわかる。本装置を複数台設置することにより、さらに制振効果をあげることができるものと考えられる。

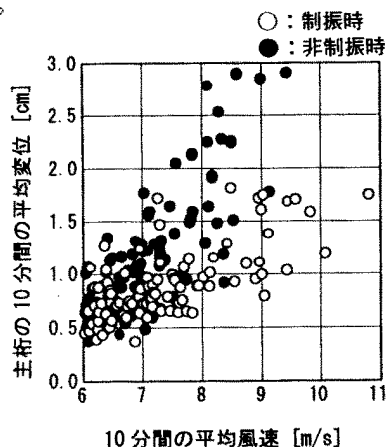


図-6 主桁の振幅のRMS値
(張出し長108m)

5. まとめ

張出し施工中のP C斜張橋の主桁のガスト応答の低減を目的として開発した主桁上下動制振装置に関し、実験における加振実験及び風応答観測から以下の結論を得た。

- ・本P C斜張橋の非制振時の減衰定数は0.78%であるが、本制振装置を用いることにより減衰定数が3倍に増加しており、本制振装置が設計時の性能を有していることを確認できた。
- ・風応答観測から、本制振装置によって張出し施工時の主桁のガスト応答を低減できることがわかった。

参考文献

- 1) 久我, 竹田他: 呼子大橋(P C斜張橋)の施工時耐風性観測, プレストレストコンクリート, Vol. 30, No. 4, pp62~69, 1988年7月。
- 2) 大久保, 加納: 秩父橋の架設時耐風制振装置, 第16回日本道路会議論文集, pp623~624, 1980年7月。
- 3) 田口, 上野: 風応答観測データを用いたP C斜張橋施工時の主桁振動予測, 土木学会第50回年次学術講演会概要集, 平成7年9月。