

I-169

首都高速12号線吊橋主塔における動態観測

首都高速道路公団 正員 佐藤栄作 新日本製鐵 正員 今野 信一
 首都高速道路公団 正員 富永博夫 石川島播磨重工業 能勢 卓
 首都高速道路公団 正員 並川賢治 石川島播磨重工業 正員 〇川上 剛司

1. はじめに

長大スパンを有する吊橋や斜張橋のような可撓性に富む構造物の設計においては、耐風安定性が支配的な要素となる事が多く、設計段階から風洞試験などにより主塔架設時から吊橋完成時までの構造物の動特性を把握する必要がある。特に固有振動数の低い主塔独立状態においては、渦励振やギャロッピングの発生の可能性が高いことが指摘されている。

港区芝浦地区から東京港を跨ぎ臨海副都心を結ぶ首都高速道路12号線吊橋の主塔(高さ:117m, 総重量:4800t, Fig.1参照)においては、事前に行った風洞実験結果より、吊橋架設時にまで主塔面外曲げ一次、面内曲げ一次、振れの各モードにおいて渦励振の発生が予想されるため制振装置を設置し、これらの振動の抑制をはかった。¹⁾そこで、主塔独立時よりケーブルストランド架設にいたる構造系について動態観測を実施し、自然風のもとでの主塔の振動特性を確認した。

2. 風洞試験結果と制振装置の適用

風洞試験(自由振動)結果によると主塔独立状態では、 $V=7.5\sim 15$ m/sの低風速域において、主塔面外曲げ一次振動(頂部応答加速度:75~230gal)の発生が予想され、また、 $V=25$ m/s以上の高風速域においては、主塔の振れ一次振動や面内曲げ一次振動などの発生が予想された。そこで架設作業の向上、架設機材の安全性を目的としてFig.2に示すように主塔面外方向にアクティブ型、振れおよび面内方向にパッシブ型の制振装置を各々設置した。

3. 主塔の振動諸元の把握

主塔独立時における主塔面外曲げ一次固有振動数は、解析結果より $f=0.260$ Hzと推定されている。また、構造減衰率については、風洞試験では $\delta=0.01$ として検証された。しかし、実際には主塔の減衰特性についてのデータが殆ど無いため、実橋における減衰特性を把握する必要がある。常時微動によるパワースペクトル解析結果をFig.3に示す。主塔面外曲げにおける卓越振動数は、 $f=0.2775$ Hzであり、解析結果とほぼ一致する。

また、制振時と非制振時の主塔の減衰特性を比較することを目的として主塔完成時において面外曲げに対する強制加振実験を行った。この結果、構造減衰率は非制振時(自由振動時)で $\delta=0.0124$ 、制振時で $\delta=0.0335$ であり、制振装置の作動により減衰特性の向上がはかられていることがわかった。

4. 動態観測結果

自然風のもとでの主塔の振動特性を確認するために、主塔に計測システムを設置し、主塔独立時からケーブル完成系までの主塔の動的な応答、風向、風速などの計測を行った。

Fig.4は、主塔独立時(1991年4月~7月)における平均風速と平均風向の関係を表したものである。これによると、風洞試験で予測された主塔面内曲げおよび振れの渦励振の発現風速域(平均風速 $V=25$

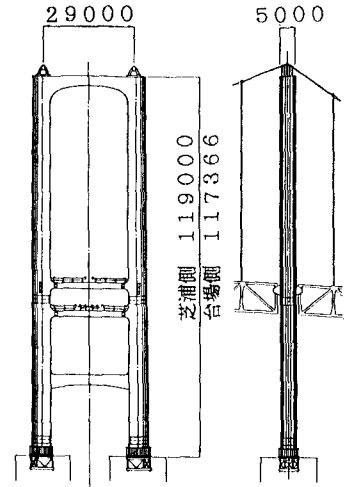


Fig.1 12号線吊橋主塔一般図

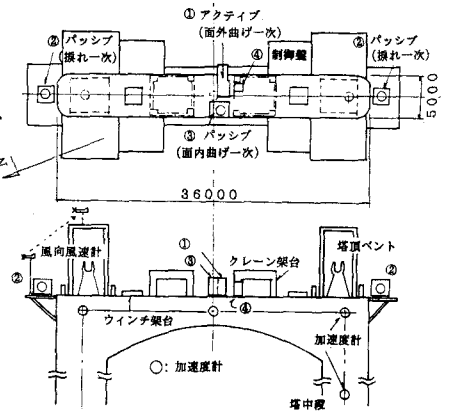


Fig.2 制振装置、計測器配置図

m/s~41m/s) に及ぶような風は発生しておらず、応答記録においてもこれらの振動の発生は確認できなかった。しかし、主塔面外方向の振動については、風洞試験より予測されるほどの顕著な振動ではないが、平均風速V=10m/s 前後の低風速域において非定常な振動が発生し、制振装置により主塔の振動振幅が軽減されたことが数回確認された。Fig.5 に1991年4月18日の計測結果を示す。同図より、風により面外曲げ一次振動が励起され主塔頂部の加速度応答が増大し、主塔の応答加速度が $\alpha=5\text{gal}$ に達した時点で制振装置がアクティブで作動しはじめると、主塔の応答加速度が減少していく過程がわかる。また、同日の観測において、平均風速 V=10.6m/s、最大瞬間風速V=25.1m/s を記録し、その際の塔頂での応答加速度は $\alpha=18\text{gal}$ (応答変位は片振幅でA=6cm)、重錘の最大ストロークはA=46cm (片振幅)であった。同時刻での振動が定常状態であると仮定した場合、装置非作動時の主塔の応答加速度は、制振装置の能力などから作動時の4倍の $\alpha=68\text{gal}$ (応答変位; A=22.8cm) となることが推定される。なお、キャットウォーク架設以降は、風洞試験により振動の予測された風速域において、主塔面外、面内の渦励振は確認できなかった。

5. 結言

主塔動態観測結果より、風による顕著な振動の発生は確認されなかった。しかしながら、主塔完成時においては、制振装置により主塔の減衰特性が向上していることが確認された。これらの結果を今後、長大橋の制振対策を検討する上での一助としたい。

参考文献

- 1) 佐藤栄作, 富永博夫, 並川賢治, 清田錬次, 能勢卓: 首都高速12号線の主塔架設時制振対策, 土木学会振動制御コロキウム Part.B 講演論文集,1991.7,PP 31-39

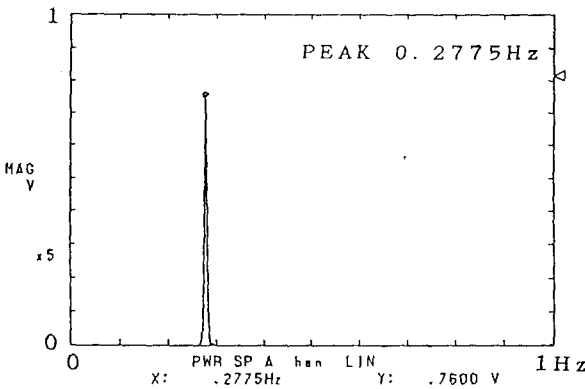


Fig.3 主塔の応答のパワースペクトル (サンプル時間400sec)

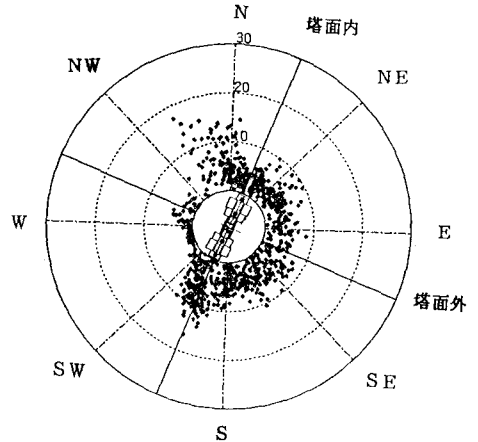


Fig.4 平均風速と風向 (主塔独立時,1991年4月~7月)

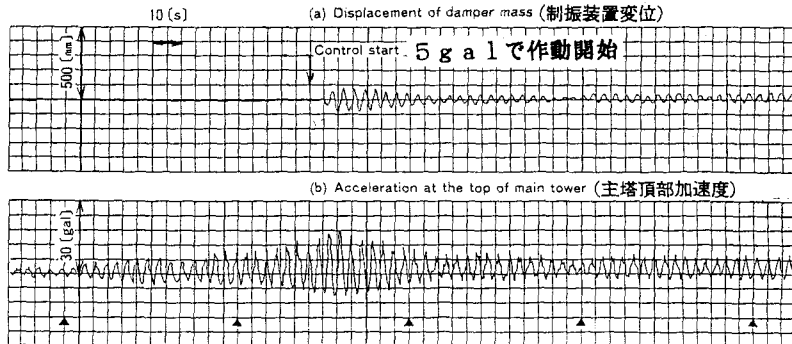


Fig.5 制振装置 重錘変位と主塔面外一次振動 応答加速度