

I - 458

TMDによる斜張橋の架設時制振対策

愛媛県 市川 淳二
 愛媛県 黒川 富士雄
 住友重機械工業㈱○ 正員 中村 幸
 住友重機械工業㈱ 正員 小西 拓洋

1. はじめに

斜張橋や吊橋の主塔では架設途中や塔の独立状態において比較的低風速の風で振動が発生する。この場合の制振対策としては断面の空力特性を改善して励振力を弱める方法と、構造減衰を付加して制振する方法が採用されている。このうち構造減衰を付加する方法として制振装置（TMD:Tuned Mass Damper）を主塔に設置することにより、構造物の振動を抑える例が近年増加している。

本研究では愛媛県に架設される斜張橋（弓削大橋）に主塔用のTMDと主桁用のTMDを設置し、加振実験による減衰付加効果の確認を行ったので、装置の概要と減衰付加効果について報告する。

2. 装置の概要

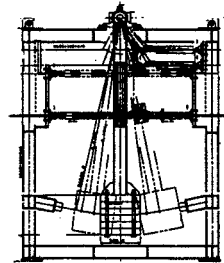
(1) 主塔用TMD

主塔は風洞実験の結果より、風速 10 m/s 程度で渦励振による振動が発生することが確認されたため、制振装置により制振することとなった。制振装置の取付位置は下図に示すように主塔の天端に2基ずつ設置して振動に対処するものとした。

主塔用のTMDは一般的な振り子型のTMDで、振り子の軸に取り付けたパネとダンパーを調整することにより装置の振動数を変化させることができる。TMDの主要諸元を下表に示す。

主塔用TMDの諸元（1基当たり）

重錘重量	200 kgf
振り子長さ	1.5 m
振動数 f	0.47~0.69 Hz
減衰比 h	0.09~0.25
重錘ストローク	0.20 m



主塔用TMD

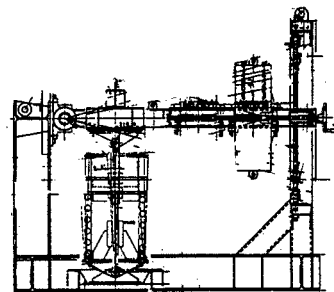
(2) 主桁用TMD

主桁の張出し架設時に風による振動が発生することが懸念されたため、架設時の作業性を改善する目的で制振装置を設置した。主桁用TMDは鉛直振動用に、てこ方式の重錘とパネにより復原力を得る構造となっている。振動数の調整は重錘の位置を変えることにより調整するものとしている。

下図に装置の概念図を示す。

主桁用TMDの諸元（1基当たり）

重錘重量	1000 kgf
重錘位置	1.3 m
振動数 f	0.47~0.69 Hz
減衰比 h	0.09~0.25
重錘ストローク	0.20 m



主桁用TMD

3. 振動実験

主塔の加振実験は主塔独立時の状態を対象に行った。計測は常時微動の計測と人力加振による加振後の減衰波形を計測する自由振動計測の2通りの計測を行った。

(1) 加振実験方法

加振は主塔の架設が完了した時点で行うこととした。主塔架設完了時の構造系は下図の状態である。

TMD設計用の対象構造の諸元は下表のとおりである。TMDの設計に当たっては、振動数の誤差が $\pm 5\%$ 、装置の減衰比の誤差が $\pm 20\%$ までを考慮して必要な減衰が得られるようにしている。また、装置としては主塔の振動数が計算とずれた場合を想定して、装置の振動数を $\pm 15\%$ 調整できるようにしている。

主塔架設完了時の構造諸元

振 動 数	0.584 Hz
一般化質量	6.82 tf $\cdot$ s ² /m
構 造 減 衰	0.01 (対数減衰率)

加振は、主塔の天端部にて2～3名が同時に体重移動を行うことにより、主塔を共振させることとした。加振による推定加振振幅は62mm程度とした。

(2) 実験結果

今回の振動実験の結果、主塔の振動数は下表のように約17%計算値に比べて高い値となった。これは、計算時の支持条件や桁の剛性によるものと考えられ、TMDの振動数を調整することにより対処した。また、TMD非作動時の減衰は設定値の $\delta = 0.01$ に比べかなり大きな値となった。これは、架設時の足場の存在や主桁の支持点での摩擦等が考えられる。

風洞実験の結果から主塔の制振に必要な減衰率は構造減衰を含めて $\delta = 0.055$ であった。TMDを作動させての振動実験の結果、減衰率は $\delta = 0.098$ 程度となり、付加減衰としても $\delta = 0.06$ 程度となった。これにより、風洞実験にて必要とされた必要減衰に比べ十分な減衰が備わっていることが確認できた。

主塔振動実験結果

	振動数(Hz)	対数減衰率
TMD固定時	0.684	0.0379
TMD作動時	0.686	0.0984

4. まとめ

実験の結果以下のことが明かとなった。

- ・ TMDを設置することにより、振動を抑えるのに必要な減衰が備わっていることが確認できた。
- ・ 人力による加振実験で十分な加振を行うことができた。
- ・ TMDの設計にあたっては、実際の振動数が支持条件の仮定によりズレが生じる場合もあるため、設定値に余裕を持たせるなどの対策が必要である。

参考文献 市川・平田・宮崎：弓削大橋塔の耐風性検討，土木学会第49回年次学術講演会，1994.9

