

I-207

鶴見航路橋架設時主塔制振対策
(制振装置の設計)

首都高速道路公団 ○正員 市川 衡
 首都高速道路公団 正員 森河 久
 住友重機械工業 正員 小西拓洋
 住友重機械工業 正員 荒居祐基
 住友重機械工業 正員 宮崎正男

1. はじめに：現在架設中の鶴見航路橋では風洞実験の結果より架設時に面外1次振動に対して主塔大ブロック架設後(塔高 $h=$ 約100m)より完成($h=$ 180m)まで耐風対策を行う必要ありと判断された。制振装置はパッシブ型TMD(PTMD)とアクティブ型TMD(ATMD)を採用し、2塔のうち本牧側2PはPTMD、大黒側3PはATMDにより制振する。又3Pでは架設途上で加振実験をATMDを用いて行うこととした。本稿ではATMDを中心に制振装置の開発、設計、製作について報告する。

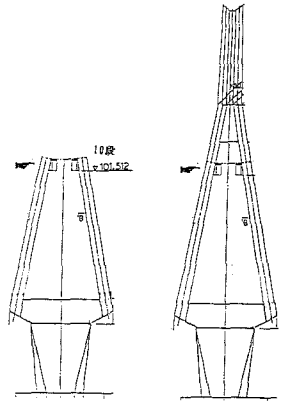


図-1：ATMD設置位置

2. 制振方法の選定：制振装置は1塔につき2基の振り子型TMDを図で示す位置に設置するものとしたが、主塔の形状から装置の盛り替えが困難であり、盛り替えは行わないこととした(図-1)。3PについてはATMDを採用する事としたがこれは以下の理由による。①PTMDは各種の調整誤差により、制振性能が低下する。このことを考慮してパッシブ型の重錘重量は25tonに決められたが、

アクティブ型についてはこの様な誤差を考慮する必要がないので、重錘重量が小さくできる。この結果、フレーム、バネなども小さくでき、装置のハンドリングも容易になる。②摩擦等の不確定な機能阻害要因が制御力により補正できるため制振対策の信頼性が上がる。③加振実験の加振機として利用できる為、実験による、他作業への影響が少なくなる。又、ATMDの欠点として、①停電時に制振出来ない。②PTMDに比べ、部品数が多く、保守には、より注意を払う必要がある。又摺動部の防錆、潤滑についても注意が必要。③装置価格が高い。などが挙げられるが今回これらの点については、ほぼ解決されたと考えている。具体的には①停電時はPTMDとして機能する為、本体の損傷は避け得る。②架設時であり、管理が行き届く。③振動実験のコストを考えれば、PTMDと同等。

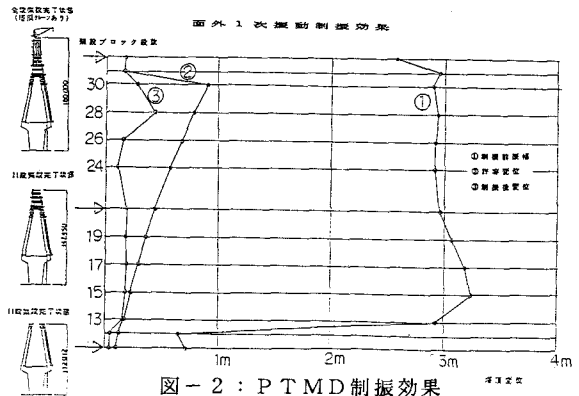


図-2：PTMD制振効果

3. 運用方針：ATMDには、運用の誤りにより本体に危害が加わらないよう、何重ものフェールセーフ機構が組み込まれている。基本的な運用方針は以下のとおりである。微小振幅に対してはATMDは休止させ、また重錘の振幅が過大となると電源が切れ、停電時同様PTMDとして機能する。このようにモードを切り替えることにより、モーターの負担を減らすと共に安全性、信頼性を高める。加振実験時には加振機として使用できる。この時は主機のATMDの振動数、振幅を設定し、子機は主機の動きに同期させる。

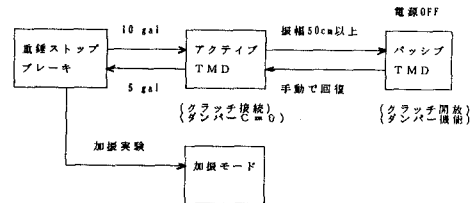


図-3：ATMD運用方針

4. 制御システムと制振効果の予測：本ATMDでは主塔の速度、変位、重錘の角変位、角速度をの4つのフィードバック量を用いてレギュレータ制御を行う。この制御によりモータトルク、目標主塔変位に応じた最適な制御ゲインを決定することが出来、又非定常な入力に対しても、制振効果を期待できる。制御フローを図-4に示すが、ここでのゲインはシミュレーションにより架設前に決定しておく。ATMDによる制振効果はRicatti方程式を解くことにより、数値シミュレーションを行い予測した。外力 $w = We^{i\omega t}$: $W=300\text{kg}$, $\delta = 0.01$, を仮定した場合の塔完成時の解析結果を図-5に示す。

5. 制振装置の設計：アクティブ型TMDではPTMDのように調整誤差を考慮する必要がない為、重錘重量は、10 tonまで減らすことが出来た。アクティブ化に当たっては、機構はできる限り単純明解なものとし、信頼性と制振性能の向上に主眼をおいた。駆動力としてはACサーボモーターを用い、重錘の動きを制御する。重錘振り子に取り付けたパネは停電時にバンプ型TMDとして機能させるためのものであるが、振り子の固有振動数を主塔に同調させるためモーターの負過を小さくできる。ATMD概略図を図-6に示す。

6. おわりに：鶴見航路橋用のATMDは現在製作最終段階にあり、小型模型による実験も並行して行われ、大きな減衰性能が観測されている。本装置は9月には稼働を始める為、発表時には何らかの成果を報告できればと考えている。最後に制振対策検討に際して貴重なご指摘とご意見を頂いた「鶴見航路橋の設計施工に関する調査研究委員会」(委員長：伊藤学東京大学名誉教授、現埼玉大学教授)の諸先生方及び関係者の方々に謝意を表します。

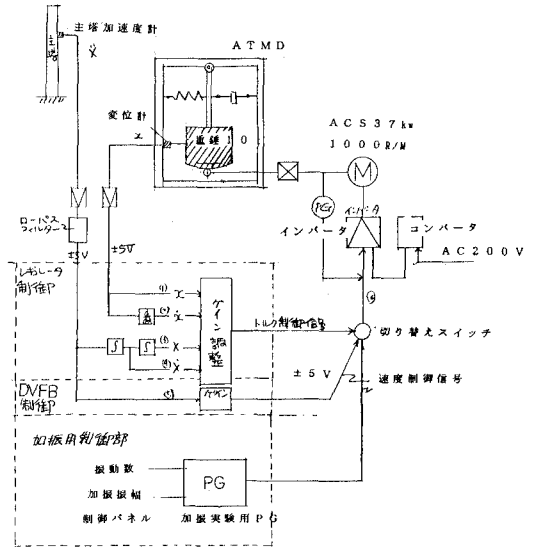


図-4：ATMD制御フロー

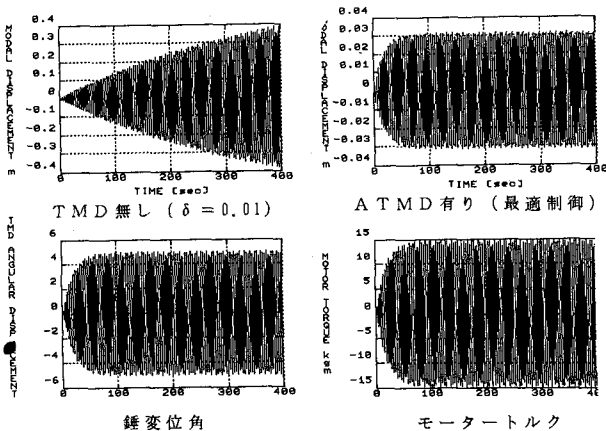


図-5：レギュレータ制御シミュレーション

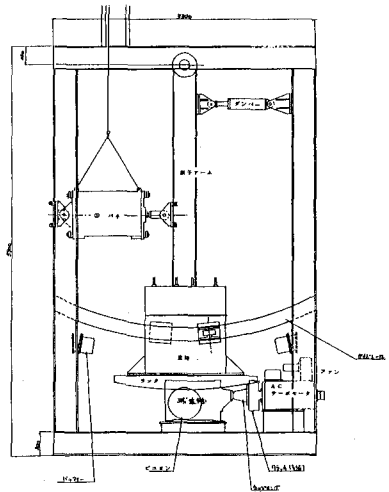


図-6：ATMD概略図