

I-274 H_{∞} 制御理論に基づく橋梁主塔の能動制振装置の模型実験による検証川崎重工業 正員 ○坂井藤一, 高枝新伍, 玉木利裕
西 義和, 村井謙一, 加賀谷博昭

はじめに 吊橋や斜張橋などの長大橋梁の主塔では架設段階で風による振動が問題になることが多く、振動を抑制するために種々の制振装置が考案され、最近では能動制振装置が適用されることも多くなってきている¹⁾。能動制振装置は一つの装置で複数の制振対象モードに対応できる、架設時の構造物の振動特性に対応できるなどの可能性があり、最適制御理論などが適用されている。著者らは橋梁主塔の制振を対象として、ロバスト制御理論の一つである H_{∞} 制御理論^{2,3)}の適用を試みるために、橋梁主塔の力学的相似模型を作製し、これに対しアクティブ制振装置、ハイブリッド制振装置を設計し、制御周期5[msec]で離散化し、32bitデジタル制御器に実装した^{4,5)}。ここではその有効性を検証するために行った振動実験と実験結果に基づく制振効果について述べる。

1. 制振対象構造物の振動特性

構造物模型は想定した橋梁主塔の1/12の縮尺で、面外曲げ1次モード、面外曲げ2次モードの振動特性と力学的に相似となるように、2重振り子にバネ、質量で調整した。減衰は耐風設計検討で用いられる対数減衰率 $\delta=0.01$ に近づけるようにした。

文献4, 5に示すパラメータの数式モデルの妥当性を検証するための定常加振実験による周波数応答を図-1に示す。実験値は計算結果ともよく対応し、1次モードでは固有振動数0.6638Hz, 対数減衰率0.012, 2次モードでは固有振動数3.805Hz, 対数減衰率0.031である。

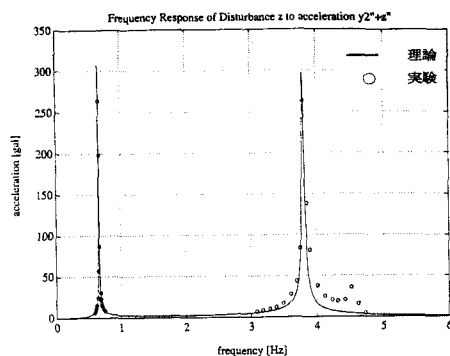


図-1 構造物模型の周波数応答特性

2. 能動制振装置の実験検証

定常加振実験 支持点を振幅1mmの正弦波で加振したときの構造物の絶対加速度応答は図-2に示すように得られ、1次モードについては計算結果ともよく対応している。2次モードでは計算値に対してかなり大きめの応答振幅となっている。図-2から制振時の対数減衰率を求めると、1次モード、2次モードともに $\delta=0.15$ 程度となり、制振装置の効果が設計目標 $\delta=0.10$ を十分満足していることが確認された。

自由振動実験 1次モードについては下段質量に初期変位約30mmを与え、2次モードについては支持点を固有振動数で正弦波加振し急停止して、自由振動波形を計測した。これらの時刻歴を図-3に示す。自由振動波形の隣り合う振幅比から対数減衰率を求めると、制振時には1次モードで $\delta=0.38$ 、2次モードで $\delta=0.15$ 程度となり、定常加振実験とはほぼ対応する制振効果を示している。

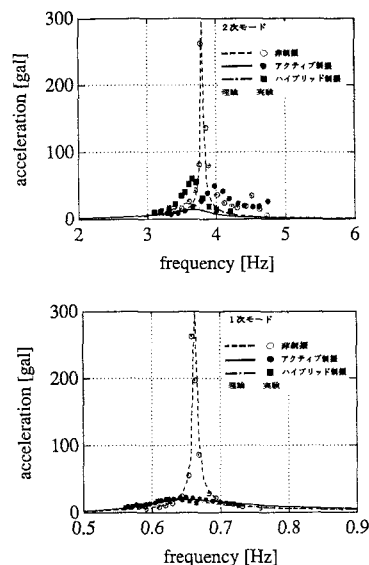


図-2 周波数応答曲線の比較

また本制振装置では構造物の加速度信号を制御入力として用いているが、図-3 (b),(e),(g)に見られるように、加速度信号にドリフトやノイズがあっても不安定な挙動は起こさないことも確認された。ハイブリッド制振装置のモーターを切り離してパッシブ制振装置として作動させた場合、図-3 (i)のようになり振幅が小さくなると、摩擦などのために制振装置がほとんど作動せず、制振効果が小さくなるが、能動制振装置では振幅が小さい領域でも制振効果を発揮している。

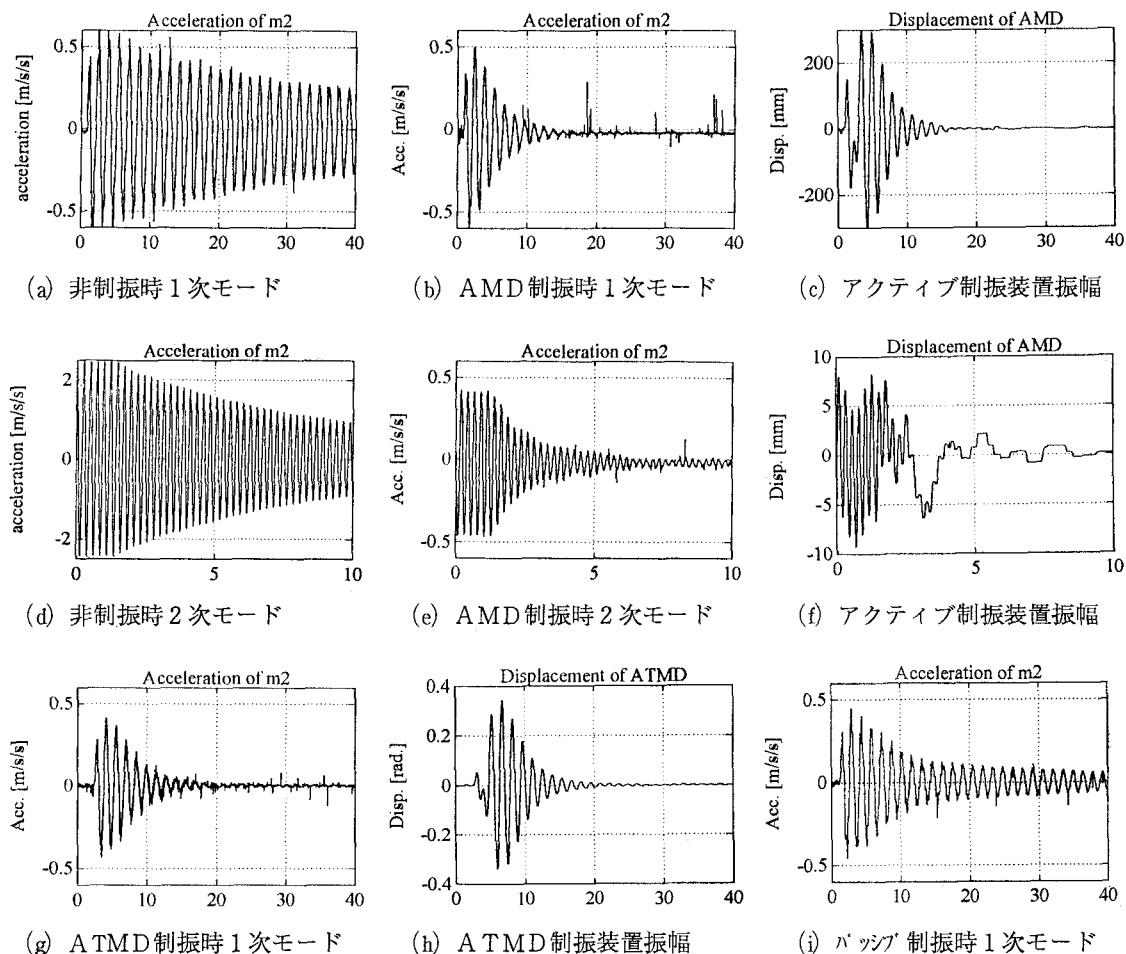


図-3 ハイブリッド制振時自由振動波形

おわりに 本実験により、1) H_{∞} 制御理論に基づいて設計したアクティブ制振装置およびハイブリッド制振装置は 1 次、2 次のモードで所要の制振効果をもつ、2) 本装置はスビルオーバーなどの不安定現象は生じない、と言ったことが実験的に確認された。

【参考文献】 1)土木学会構造工学委員会：構造物の振動制御，振動制御コロキウムpart A 1991. 2) 川谷，松嶋：正規化既約分解表現に基づく橋梁のロバスト制振制御，システム制御情報学会論文誌，Vol.6, No.1, pp48-56, 1993. 3)D.C.McFarlane and K.Glover：Robust Controller Design Using Normalized Coprime Factor Plant Descriptions，Lecture Notes in Control and Information Sciences, 138, Springer Verlag, 1990. 4)西，村井，加賀谷，坂井，高枝，玉木： H_{∞} 制御理論に基づく橋梁主塔の振動制御，計測自動制御学会講演会，1993. 5)坂井，高枝，玉木，西，村井，加賀谷： H_{∞} 制御に基づく橋梁主塔の能動制振装置の設計について，土木学会年次大会講演概要集，第 I 部門，1993.