

柔構造物のTMDによる振動制御に関する振動台実験

京都大学工学部 正 員 山田善一 京都大学工学部 正 員 家村浩和
京都大学工学部 正 員 伊津野和行 京都大学大学院 学生員○高村 尚

1. はじめに

近年、地震、風、交通などによる土木構造物の振動を制御するために、様々な振動制御手法が実施、あるいは研究されている。本研究では供試体として、高さ1250mm、1層の重量24.31kgfの3層フレーム構造モデルを採用し、これにフィルタードホワイトノイズ波を入力した。その時、TMDを設置することによる供試体の振動の低減効果について検討した。

2. 実験システム概要

実験システムは、水平振動台、3層供試体、制振装置、記録装置からなっている。実験システムのブロックダイアグラムを図1に示す。振動台制御用コンピュータで入力波データを読み込み、それを入力波の記録時間間隔に従い逐次デジタル信号としてDA変換器に送る。そしてDA変換器でアナログ信号に変換して振動台に送る。また、供試体各層と振動台テーブル、TMDには速度計を設置しており、そこで得られたアナログ速度データをAD変換器でデジタル信号に変換し、制御用コンピュータでフロッピーディスクに記録する。

供試体は床が各層500mm×500mm、厚さ12.2mmの鋼板で製作されており柱は1250mm×16mm×3.2mm（柱剛性11.43kgf/cm）の角材である。供試体のモード図を図2に示す。また、供試体の刺激係数、固有周期と減衰率を表1に示す。固有周期と減衰率の実験値はスウィープ試験により求めた。

本実験で用いたTMDは、振り子型であり供試体の1次振動の制御を目的として設計した。TMDの固有周期と減衰率の最適設計値は2定点制御理論に従った。また、このTMDはモータ、ボールネジ、可動マスを内蔵し、そのままAMD、HMDとして用いることができるように製作したため重量が9.0kgfと多少重くなっており、1次等価質量に対するTMDの質量比は0.20

である。この設計値と実際の実験値を表2に示す。設計値を実現するために、周期の調整は、振り子を吊している4本の板バネ（236mm×20mm×0.5mm、柱剛性0.58kgf/cm）の長さをかえることにより行い、減衰率の調整は3層との間に取り付け付けた空気ダンパーで行った。

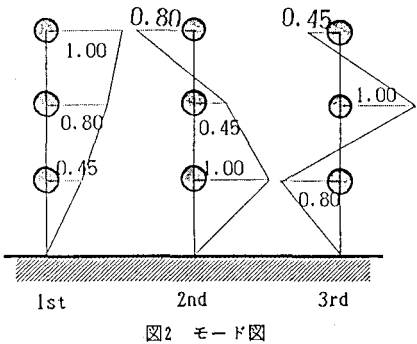


表1 供試体の刺激係数、固有周期、減衰率

モード次数	1	2	3
刺激係数	1.22	0.35	0.13
固有周期<理論値>(s)	0.66	0.24	0.16
固有周期<実験値>(s)	0.66	0.25	0.16
減衰率<測定値>(%)	0.231	4.904	0.157

表2 TMDの最適設計値と実験値

	最適設計値	実験値
固有周期(s)	0.790	0.789
減衰率(%)	25.09	約25
質量(kg)	9.0	9.0

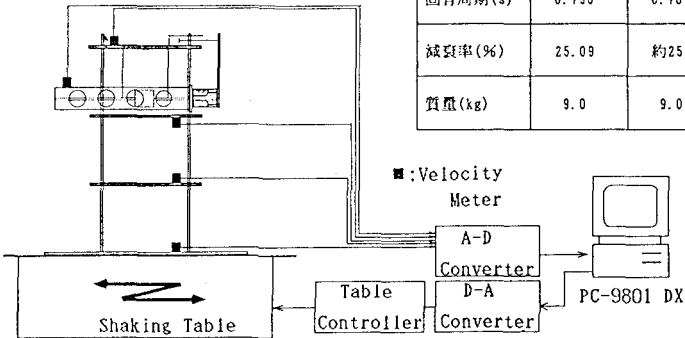


図1 実験システムのブロックダイアグラム

3. 振動実験

実験では、まず、供試体を自由振動させて、その振動をTMDにより制御した。次に、供試体の1次周期付近に卓越振動数をもつフィルタードホワイトノイズ波 ($\omega = 9.6$ 、 $\zeta = 0.2\%$) を入力した。入力には供試体にTMDを設置しない場合 (Model A) とTMDを設置し制振する場合 (Model B) のそれぞれについて行った。

4. 実験結果

自由振動時の3層の速度時刻歴を図3に示す。供試体は減衰率が0.23%で極めてフレキシブルなためModel Aでは1次振動が長時間続いている。これをTMDで制振するとModel Aで卓越していた1次振動が初めの3秒間でほとんど制御され高次振動成分が相対的に目につくようになる。

フィルタードホワイトノイズ波を入力したときの3層速度時刻歴を図4に、そのフーリエスペクトルを図5に示す。TMDを設置しないModel Aの振動には1次振動が卓越し、2次、3次も少し含まれている。TMDを設置したModel Bでは3層の揺れ戻しがなくなり最大速度振幅が、おおよそ50%低減されており、フーリエスペクトルの1~2Hz付近に見られるピークがModel Aの20%程度にまで制御されていることがわかる。さらに4Hz付近の2次振動のピークも50%程度制振されている。また、TMDの作動状態の目安になる3層に対するTMDの相対速度の時刻歴を図6に示す。受動的制振装置の欠点である、立ち上がり時間 (TMDが作動し始めるまでの時間) の遅延は、それほど問題なく、3層の揺れに応じてTMDが作動していることがわかる。

5. まとめ

実験で用いた3層供試体は、ほぼ設計値通りの固有周期をもち、TMDも周期や減衰率を設計値通りに調整することができた。実験では供試体を自由振動させた時やフィルタードホワイトノイズ波を入力した時、TMDを設置すると供試体の1次振動はフーリエスペクトルのピークが制振しない場合の (a) Model A 約20%にまで低減されており、TMDによる制

振の有効性が確認された。また、本実験で用いた入力波は人工的に作ったものであり、今後はEl Centroのような実際の地震波を入力した時にも十分な制振効果が得られるか検討する予定である。

参考文献

土木学会編：振動制御コロキウムPART A、構造物の振動制御、1991年 7月

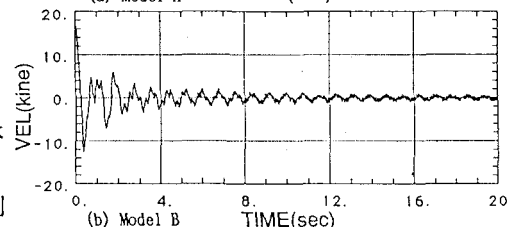
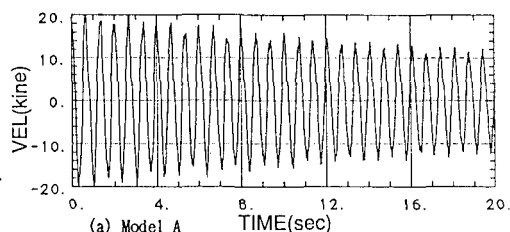


図3 自由振動時3層速度時刻歴

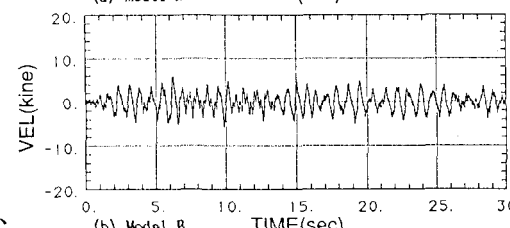
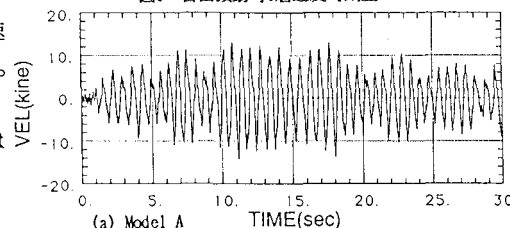


図4 フィルタードホワイトノイズ波入力時3層速度時刻歴

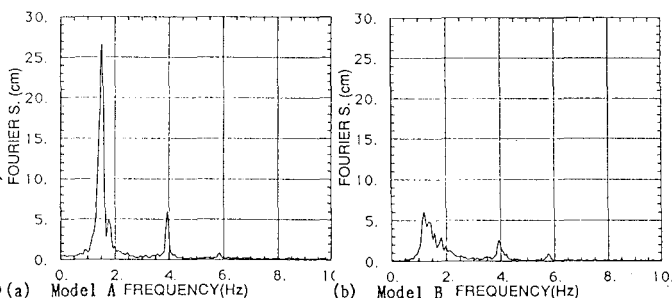


図5 フィルタードホワイトノイズ波入力時3層速度フーリエスペクトル

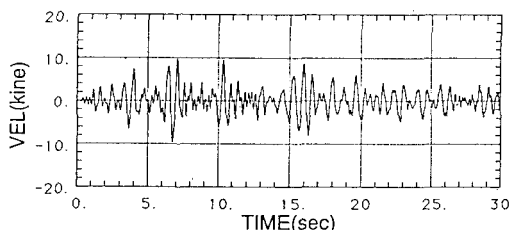


図6 3層に対するTMDの相対速度時刻歴