

制振実験棟による振動制御実験（その1）

実験棟の建設と動特性の確認

清水 欽也 古川 忠穂
田村 保

要旨

制振に関する技術開発のひとつとして、実大レベルの各種制振装置の効果検証実験を行う目的で制振実験棟を建設した。その実験棟の仕様および構造の概要について報告する。さらに、振動制御実験の基本データとなる実験棟の動特性について実測を行い把握した。固有振動数は常時微動の測定と強制振動実験から、また減衰は強制振動後の自由振動から求めた。その結果、設計値との良好な対応が確認できた。

1. まえがき

近年、建築物の高層化、インテリジェントビルなどの機能の高度化が進むにつれ、建築物の性能に対する要求も高くなりつつある。そこで現在では、地震等の外力に対し耐えるだけの建築物ではなく、外力による振動を抑制する制振機能をもった建築物も建設されている¹⁾。しかしながら、大地震時の安全性や制振装置の経済性などの点で依然技術開発の余地が残されているのが現状である。そのような状況の中で、五洋建設では経済性に優れ、高い信頼性を持つ新しい制振システムの研究開発に積極的に取り組んでいる。その一環として、実大レベル制振装置の効果検証のための制振実験棟（以下、実験棟という）を建設した。実験棟では様々な方式の制振装置について、実大レベルの振動制御実験を行い、より効果的で経済性の高い、新しい制振システムの開発を実施する予定である。本報では、実験棟の概要とその動特性について報告する。

2. 実験棟の概要

本実験棟は、那須技術研究所内西側の一角に位置しており、支持地盤はGL-4m程度からN値50以上の礫層が現れる堅固な第1種地盤である。実験棟が受ける外乱のうち地震動は、茨城県沖の地震による震動が主であり（たとえば、1991年、M=5.6）、この地域が過去に受けた地震による最大地動は日光地震（1683年、M=7.0）によるものである²⁾。この地震による最大加速度は渡部、藤堂（1984年）らの予測式³⁾によれば、342galと推定される。また風については、冬期に強い季節風が観測される場所であり、12月から3月までの間は、風速10m/s以上の



写真一 制振実験棟外観

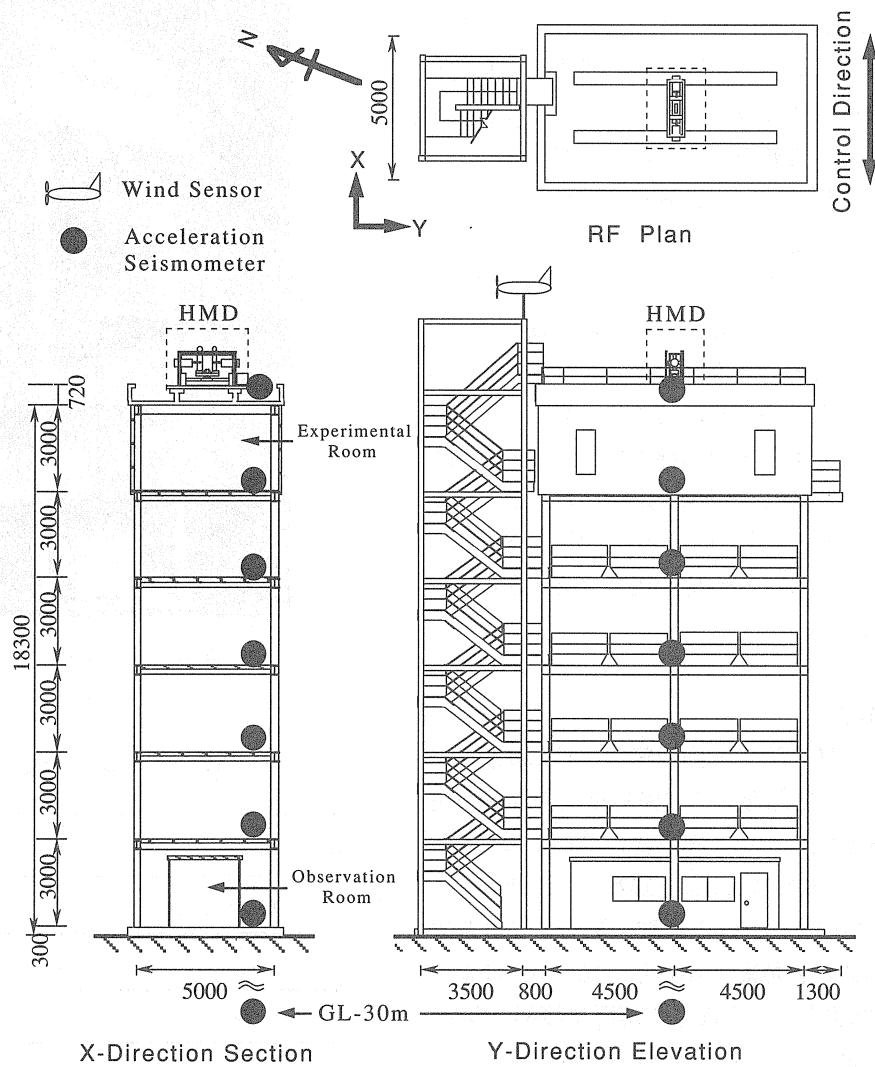
表一1 制振実験棟の諸元

Building Areas	65.60m^2
Total Areas	227.25m^2
Height	19.02m
Number of Floors	6th
Construction	Steel Structure
Weight	154.41t

強風が観測される。写真一1に実験棟の外観を示す。また、表一1に実験棟の諸元を示す。実験棟は、最高高さ19.02m、階数は6階、平面形状は長辺方向9m、短辺方向5mの偏心の無い長方形である。構造形式はS造純ラーメン構造であり、R階床はデッキプレートを用いた合成床、6階～2階床はRCプレキャスト板を用いており、取り外しが可能な構造となっている。また、実験棟は高層ビルを模擬するために、制振装置を搭載しない状態で1次固有周期が1秒程度となるよう設計した。実験棟には隣接して階段棟を設けたが、実験棟とは構造的に完全に分離している。実験棟の6階は実験を体験できる部屋（体験ルーム）になっており、この階のみ外壁を設置している。また、実験棟の1階には観測ハウスを設置している。さらに、実験棟の各構面には取り外し可能なプレースを設置し、各構面や各階の剛性を変化させた建築物の

再現が可能である。

本実験棟には図一1に示すように、実験棟の振動状況を把握するために各種センサが設置されている。風向風速計を階段棟頂部に設置し、また、加速度型地震計を地中(GL-30m)および1階にXYZ方向3成分6ch、2階～R階にはXY方向2成分12chの合計18ch設置した。地震計は地中の3成分がトリガになっており、常時、観測を行うことができるシステムとなっている。観測結果は那須技術研究所内の構造実験棟2階に設置された収録システムで記録され、同時に実験棟1階に設置された観測ハウス内でも監視することが可能である。また、収録された各種データは東京湾岸の地震観測も含めた那須技術研究所内の地震観測室へネットワークでつながれており、収録したデータを総合的に活用できるシステムとなっている⁴⁾。



図一1 実験棟センサ配置図

3. 常時微動測定

実験棟の動特性を把握するにあたり、実験棟各階の地震計を用いて常時微動測定を行った。実験棟に設置している地震計は通常はフルスケールを500galおよび1000galに設定しているが、ゲインを調整することにより数mgalの精度で測定可能である。今回、ゲインをフルスケール約7galに設定変更し、実験棟の常時微動の測定を行い、測定結果からフーリエスペクトルを求めた。X方向のフーリエスペクトルを図-2に、Y方向のフーリエスペクトル図-3に示す。フーリエスペクトルの卓越振動数より、X方向の固有振動数は、1次が 0.94Hz 、2次が 3.51Hz 、3次が 4.65Hz であり、Y方向の固有振動数は1次が 0.89Hz 、2次が 3.18Hz 、3次が 4.65Hz であることがわかる。設計値との比較を表-1に示す。常時微動の測定値と設計値を比較してみると、ほぼ対応しているのが確認できる。また、XY両方向ともフーリエスペクトルの 1.25Hz 付近にピークが見られるが、これは加速度計の設置位置の関係で、建物のねじれの固有周波数である 1.25Hz が現れているものと思われる。

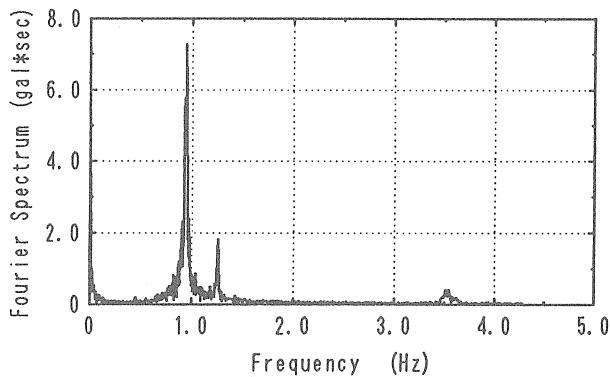


図-2 フーリエスペクトル (R階X方向)

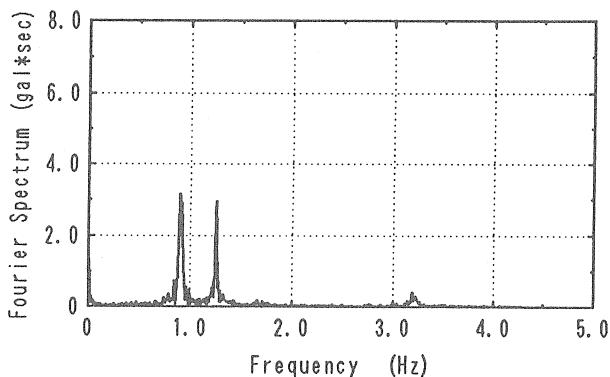


図-3 フーリエスペクトル (R階Y方向)

表-2 固有振動数の比較

	X Direction		Y Direction	
	Cal.	Exp.	Cal.	Exp.
1st.	0.94	0.94	0.88	0.89
2nd.	3.00	3.51	2.77	3.18
3rd.	4.99	4.65	4.69	4.65

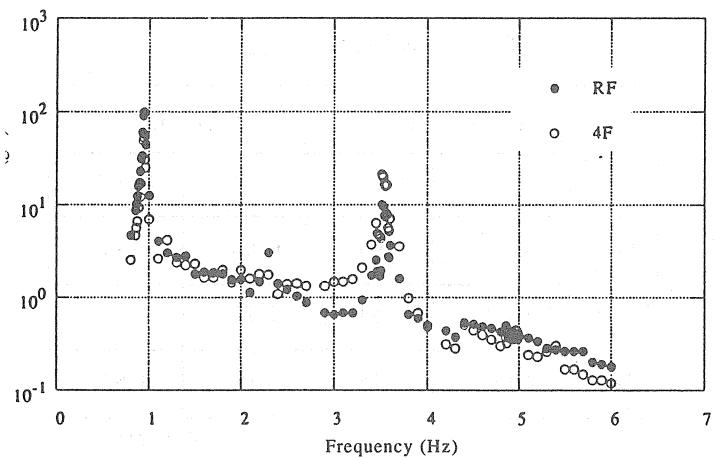
(unit:Hz)

4. 強制振動実験

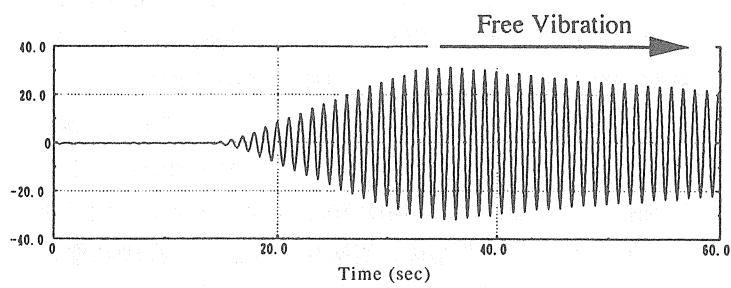
今回、実験のために搭載したハイブリッドマスダンパー型制振装置（HMD:Hybrid Mass Danper 以下、HMDという）を加振機として用いて実験棟を強制振動させ、共振点を求める実験を行った。実験は、まず、加振周波数 0.8Hz から 6.0Hz まで 0.1Hz きざみで加振し、このときHMDの入力加速度が一定となるように振幅を調整した。また、実験棟の各モード近傍のみ 0.01Hz きざみで加振した。加振は、HMDの制振方向であるX方向に対して行った。加振開始後に実験棟が安定した振動状態となったことを確認した後、応答加速度の値を読み取った。得られた応答加速度から最大応答値と加振周波数をプロットしたものが図-4に示す共振曲線である。図はR階と4階の値を示している。各次数のピーク値は1次が 0.94Hz 、2次が 3.51Hz 、3次が 4.96Hz であり、常時微動同様、設計値と対応していることが確認できた。また、図-5にR階X方向の応答加速度波形を示す。強制振動後の自由振動の応答加速度より、実験棟の対数減衰率⁵⁾を求めた結果、 $h=0.003$ が得られた。本実験棟は、各種振動制御実験を行う上で影響を及ぼさないように、2次部材等も少なく減衰性能が極力小さくなるように計画されている。本実験結果の対数減衰率により、通常の建築物に比べ非常に減衰性能が小さいことが確認できた。

52.

- 4) 平居寿文他、「EWSによる地震観測装置および波形解析システム」、五洋建設技術研究所年報、VOL24.、1994年。
- 5) 柴田明徳、「最新耐震構造解析」、森北出版。



図一4 共振曲線（R階X方向）



図一5 応答加速度（R階X方向）

5. おわりに

制振実験棟を建設し、常時微動測定、強制振動実験により、実験棟の動特性の把握を行った。今後、本実験棟で実大レベルの各種制振装置を搭載し実大実験を行う予定であり、その際の基本データの把握ができた。また、測定結果と設計値とを比較したところ、十分対応していることが確認でき、シミュレーションの際の設計値の利用が妥当であることが確認できた。

参考文献

- 1) 建築技術 pp.144～158、1993年9月。
- 2) 免震構造評定資料「(仮)五洋建設那須技術研究所新築工事、展示実験棟工事・免震棟」、追加資料3、1993年3月。
- 3) 渡部丹他、「設計用模擬地震動に関する研究（その1：模擬地震動の既往の数学モデルと地震動の最大値）」、日本建築学会論文報告集、第303号、PP.41～