

K4-56

免震建物と通常構造とを相補的に活用する連結制振の立体構造に対する評価

Performance Evaluation of Complementary Connected Control Method for a Combination of Three-dimensional Base-isolated and Conventional Structures

○秋田倫幸¹, 川崎拓生², 益戸雅俊³, 渡辺亨⁴, 背戸一登⁵

*Tomoyuki Akita¹, Takuo Kawasaki², Masatoshi Masuto³, Syunsuke Fukuchi⁴, Daisuke Sunnan⁵, Toru Watanabe⁶, Kazuto Seto⁷

In this paper, a novel combination of structures for connected-control mechanism(CCM) is presented. By coupling base-isolation and ordinary structures, the vibration suppression effect of CCM is expected to be expanded, while the stroke of base-isolation layer is hopefully suppressed. Experimental structures and CCM mechanism using magnetic dampers are built and excitation experiments are carried out. The effectiveness of CCM applied to base-isolation and ordinary structures is confirmed.

1. 緒言

昨今、免震建物の優れた性能が注目されているが、長周期地振動に共振しやすく長周期地震による被害が問題となってきた。

そこで本研究では、大きな制御力を得やすく、ストロークの限界も大きく取れるビル連結制振法を用いるが、連結する構造物の固有振動数比が小さいとよい制振効果を得ることができない。そこで、各構造物の振動特性が大きく異なるよう、在来の構造物と免震建物とを連結する方法が提案されている。

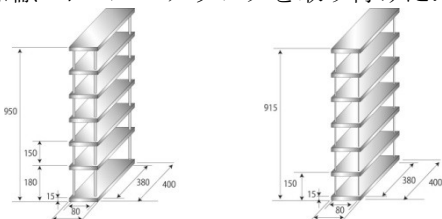
これは、並列に建てられた在来建物と免震建物の間にダンパを設置し、固有振動数が大きく異なる在来建物と連結制振することで、長周期地震動、短周期地震動双方に安定した制振効果を得られるという特徴がある。

本研究では、水平加振方向に対し主振動方向を45度回転させた場合、及びねじれを考慮した場合の実験を行うことで、より実際の建物に近付けた実験を行い、連結制振を行うことによる有効性を検証することを目的としている。

2. 入力地震波および制御対象構造物

2.1 制御対象構造物

本研究で用いる制御対象物構造物を Fig.1 及び Fig.2, それらの固有振動数を Table.1 に示す. 各構造物は7階層となっており、在来建物を A 棟, 免震建物を B 棟とし、柱径は共に4[mm]とした。また、免震建物の最下層には、免震装置としてリニアスライドを構造物の中心に取り付け、構造物の安定性を図るために両端にボールベアリングを取り付けた。



(a) Conventional St. (b) Base isolated St.
Fig. 1 Schematic of controlled structures

Table.1 Natural frequencies of controlled structures

	1 st bending mode
St.A	4.00[Hz]
St.B	2.85[Hz]

また、実際の地震に近づけるために構造物を45°傾けた場合の構造物を Fig.2 に示す。

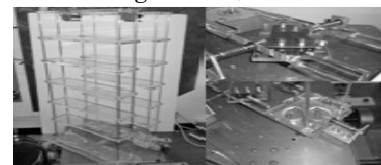


Fig. 2 Controlled structures

2.2 入力地震波

2.1 の構造物に入力する地震波形として El Centro 地震波と Kobe 地震波を用いる。地震波は構造物が塑性変形しないように地震波の加速度を10分の1に弱め、さらに各ビル構造物に対して最も危険になるよう卓越周波数を各構造物の固有振動数に合うようにスケールリングを行い、その地震波をそれぞれ入力する。ここでは、短周期地震により共振を起こす在来建物に合わせたものを A 波とし、長周期地震により共振を起こす免震建物に合わせたものを B 波とする。

3. 評価方法

本実験では水平加振方向に対し主振動方向を45度回転させ、実際の地震に近い状況での本手法の有効性を立証する実験を行っている。

更にねじりを考慮し、実験に応じ各層におもりを配置することでねじりを意図的におこし、より実際の建物に近づけた。

また、一般的な免震構造物では、振動エネルギーを抑えるため、ダンパは免震層と地面の間に取り付けられる。しかし、減衰が弱い場合、頭頂部加速度は抑えられるが、免震層変位は悪化し、減衰が強い場合、免震層変位は抑えられるが、頭頂部加速度が悪化するトレードオフと言う関係がある。そこで、免震層にダンパを設置した基部減衰の場合と、頭頂部をダンパで連結した場合の制振効果の比較をし、トレードオフが改

1: 日大理工・学部・機械 2: 日大理工・学部・機械 3: 日大理工・院(前)・機械 4: 日大理工・教員・機械 5: 背戸振動制御研究所

善されたかを検証した。

4 実験結果

4.1 各棟 7 階層, 同位相

高層ビルで問題となるのは 1 次モードの割合が大きいので, 1 次モードの振幅が最大となる頭頂部に両建物それぞれおもりを設置する。また, おもりの位置は, 制御し難くすることを狙い, 回転モーメントが同位相となるように設置し, 実験を行った。

4.1.1 頭頂部加速度と免震層変位

それぞれの入力地震波形について, A 波 B 波を入力した時の A 棟最上階, B 棟最上階の加速度を測定した。結果を Fig.3 に示す。

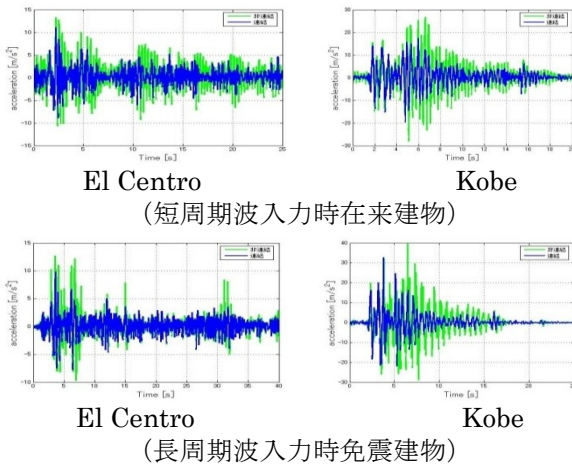


Fig. 3 Time responses of top of acceleration

以上の結果より, A波を入力した場合のA棟頭頂部, B波を入力した場合のB棟頭頂部の加速度のピーク値が減少していることが示された。

さらに, 免震層の地面に対する相対変位の測定を行い, その結果を Table.2 に示す。これは B 波を用いる。

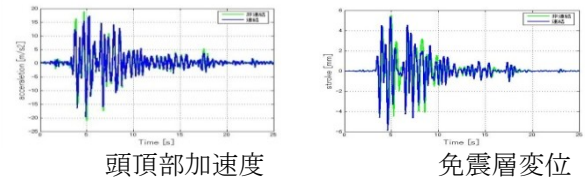
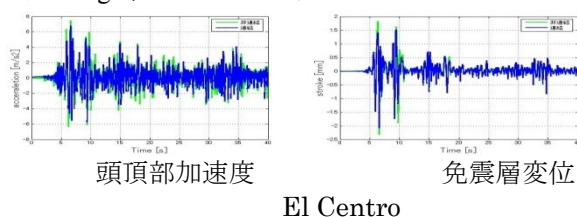
Table.2 Maximum values of relative displacement

	免震層変位最大値[mm]	
	El Centro	Kobe
非連結	3.38	7.56
連結	2.24	6.38

以上の結果より, 頭頂部を連結することで免震層相対変位の最大値が低減していることが示され, 加速度, 免震変位双方共に連結制振の有効性が確認できた。

4.1.2 連結制振と基部減衰の比較

次に, 基部減衰時との比較を行う。地震波入力時の頭頂部加速度応答, 免震層の地面における相対変位を以下の Fig.5, Table4 に示す。



Kobe

Fig. 5 Time responses of top of acceleration

以上から連結制振を行うことでトレードオフが改善されていることが分かる。一方 Kobe 波を入力した場合, 加速度ピーク値は減少しているが, 変位最大値は若干上昇していることからこの場合は明確なトレードオフ改善が確認できなかった。

4.2 在来建物 7 階層, 免震建物免震層, 同位相

免震建物では, 免震層変位も危険となるので, 変位に最も影響が出るよう免震層におもりを設置した。また, 4.1 と同様の理由で同位相とした。

その結果, 頭頂部加速度と免震層変位は 4.1.1 と同様の結果が得られたが, 連結制振と基部減衰の比較は 4.1.2 と同様に Kobe 波における免震層変位の最大値のみ若干上昇する結果となった。しかし加速度の減少率と変位の増加率の関係をみると, トレードオフが悪化したということではないように見えるので, 基部減衰と連結制振はほぼ同等の制振効果があると考えられ, El Centro 波に対する結果を考慮すると, 依然として連結制振が有効であると考えられる。

5. 結言

実験結果より, 本手法に連結制振が有効であると実証された。しかし, 4.1.2, 4.2 より, Kobe 波においては免震建物のトレードオフが改善されていない事が分かった。これは, Kobe 波が衝撃性の強い波形の地震波であり, 元々変位が大きく, かつ, ねじれが生じているため, 磁気ダンパでは良好な制振効果が得られなかったのだと考えられる。

6. 今後の展望

今回の実験で用いた磁気ダンパの減衰力は, 実験構造物のモデルの質量に対して大きいものになっている。実際の構造物で用いる磁気ダンパの減衰力が大きすぎると, 連結部に応力が集中し, 破壊を起こしてしまうので, 今後は比較的小さい減衰力の磁気ダンパを多数用い, 連結部を分散させ, 同様の実験を行う。

7. 参考文献

- Iwanami, K., Suzuki, K.(1993), Vibration Control Method of Parallel Structures Connected to Each Other with Damper and Spring, Trans. Of JSME., Ser. C, 59,2975-2980
 Seto, K. and Mitsuta, S.(2002), "A New Method for Making a Reduced-order Model of Flexible Structures using Unobservability and Uncontrollability and Its Application in Vibration Control," Proceedings of 1st International Conference on MOVIC, 152-158