

K4-63

免震建物と在来建物とを相補的に活用する 2 方向連結制振 Research on Complementary Connected Control Method of Two-axes for a Combination of Base-isolated and Conventional Structures

渡辺研究室
Watanabe Lab.

○山南大輔¹, 福地俊介², 益戸雅俊², 渡辺亨³
Sannan Daisuke, Fukuchi Syunsuke, Masudo Masatosi, Watanabe Toru

This study deals with the effectiveness of connected control method (CCM) by connecting conventional structure with base isolated structure. By connecting them, the vibration reduction effect for the conventional structure subjected to ordinary earthquake and the effect for base isolated structure subjected to long-period earthquake are expected to be modified simultaneously. Two buildings structure arranged in parallel is introduced as a control object. To confirm the reduction effect of vibration, passive control experiments using earthquake excitations are carried out. The presented system showed good vibration reduction effect.

1. 緒言

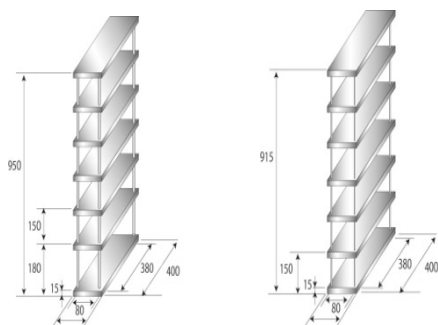
日本は世界で有数の地震大国であり、近年の都市直下型大地震による被害は甚大であるため、昨今、免震建物の優れた性能が注目され、免震建物は増えてきている。しかし免震構造にすると構造物全体の固有周期が長周期側にシフトしてしまうため、長周期地震動に共振しやすく長周期地震による被害が問題となってきた。

そこで本研究では、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、在来建物にとって共振を起こしやすい短周期地震動双方に安定した制振効果を得られる事を、実験により検証し、ビル連結制振方式の有効性を実証する。

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、柱径を在来建物 (A 棟) 6[mm], 免震建物 (B 棟) 4[mm] とすることで振動特性に違いを持たせた。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	6.75[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° 傾け制御対象を 2 方向とした場合の、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 Centlo 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。

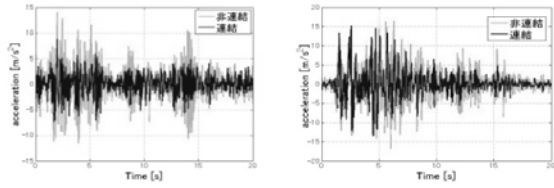
3. 実験結果

3.1 二方向の実験結果

3.1.1 連結制振による制振効果の検証

昨年までの実験では制御対象方向を 1 方向とすることで本手法の有効性を実証した。そこで本実験では制御対象方向を 2 方向とし、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た。

まず、本手法がビル模型構造物に対して有効であることを示すため、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。地震波を入力した結果の 1 例を Fig.3 に示しピーク値を Table.2 に示す。

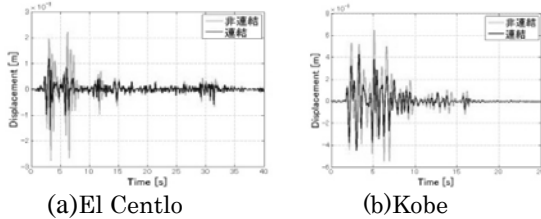


(a)El Centlo (b)Kobe
Fig. 3 Time responses of top of acceleration

Table.2 peak values of acceleration

	ピーク値[m/s ²](El Centlo)				ピーク値[m/s ²](Kobe)			
	A 棟頂上部		B 棟頂上部		A 棟頂上部		B 棟頂上部	
	A 波	B 波	A 波	B 波	A 波	B 波	A 波	B 波
非連結	14.0	15.9	12.5	12.7	16.8	15.9	41.7	38.9
連結	8.84	11.9	9.02	7.53	15.2	16.1	17.9	16.5

各条件による実験の結果, 連結制振を行うことにより, 両構造物に対して良い制振効果が得られることが確認できた. さらに, 連結制振を行うことによる免震層の変位の低減効果を検証するために, 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 Fig. 4 と Table.3 に示す. このとき, 地震波形は B 波を用いる.



(a)El Centlo (b)Kobe
Fig. 4 Time responses of relative displacement
Table.3 Maximum values of relative displacement

	最大値[mm]	
	El Centlo	Kobe
非連結	2.75	6.46
連結	1.57	4.49

以上の結果より, 頭頂部を連結することにより免震層相対変位の最大値が低減していることが示された.

3. 2. 2 連結制振とパッシブ免震の比較

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いう関係がある. そこで, 免震層にダンパを設置した場合と, 頭頂部をダンパで連結した場合の制振効果の比較を行った. 地震波入力時における頭頂部における加速度と変位の時刻歴応答を各地震波で測定し, その結果を Fig.5・Fig.6 および Table.4 に示す.

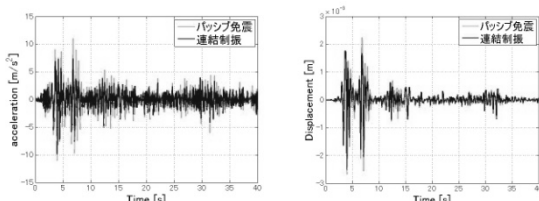


Fig.5 Time responses of acceleration at top and displacement of St.B with El Centlo

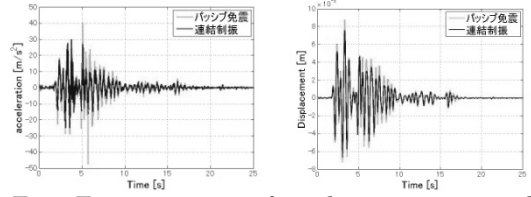


Fig.6 Time responses of acceleration at top and displacement of St.B with Kobe

Table.4 RMS and Maximum values of acceleration

	El Centlo		Kobe	
	ピーク値 [m/s ²]	最大変位[mm]	ピーク値 [m/s ²]	最大変位[mm]
パッシブ免震	11.0	2.67	47.5	8.75
連結制振	9.90	2.51	30.0	7.59

以上の結果より, 両地震波共に, 連結制振の方が頭頂部の加速度および変位が低減していることが確認された. これらの結果より各構造物単体より制振効果が確認され, 実際の地震に対する本手法の有効性が実証された.

4. 結言

3.1 の実験結果より, 本手法による制振効果を確認することができた. また, 去年までの実験結果より, 昨年行った El Centlo 地震波による実験と同様の結果が得られたことから, 多種類の地震波に対する本手法の有効性が実証された. これにより, 実際の地震に対するビル連結制振法の有効性を実証する事ができた.

5. 今後の展望

昨年までに行った二方向の制御対象方向に加え, 振りを与え, より実際に近い状態でのビル連結制振法の有効性を調べる. また, 構造物の構造をより実際に近づけ, それについてもビル連結制振法の有効性を調べる.

6. 参考文献

- (1) Seto, K. and Mitsuta, S., 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, pp.152-158, 2002.
- (2) Iwanami, K., Suzuki, K., Seto, K., Vibration Control Method of Parallel Structures Connected to Each Other with Damper and Spring, Trans. of the JSME., Ser. C, 59, pp.2975-2980, 1993
- (3) Seto, K., Vibration Control Method using Magnetic Damping, Trans. of the JSME, Ser. C, 56 pp.1079-1086, 1990