

K4-63

通常建物と免震建物とを多点結合する連結制振システム

Connected Control Method of Two-axes
for a Combination of Base-isolated and Conventional Structures

○佐々木晋一郎¹, 橋口剣太², 秋田倫幸³, 渡辺亨⁴, 背戸一登⁵

*Sasaki Sinitirou¹, Kenta Hasiguti², Tomoyuki Akita³, Toru Watanabe⁴, Kazuto Seto⁵

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 effects of the numbers and locations of the dampers are examined

1. 緒言

近年免震建物の優れた性能が注目され、免振構造物が増えてきている。しかし、構造物を免震構造にすると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易くなることが問題となっている。

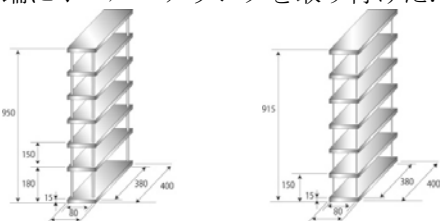
そこで「連結制振法」によって、固有振動数が大きく異なる免振構造物と通常構造物を連結制振すれば、免振建物は免振ストロークを増やすことなく長周期地震時の共振を減衰させられ、通常構造物は短周期地震時の応答を低減できると考えられる。

従来の実験では頭頂部を二点で連結していたため、結合部に大きな集中応力が発生してしまい、実際の建物の場合破壊を引き起こしてしまう恐れがある。

従って、今次の報告では応力を分散させるためより多くの磁気ダンパを複数階に設置する。その制振効果を実験により検証し、実用化に向け有効性を実証する。

2. 入力地震波および制御対象構造物

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]

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。

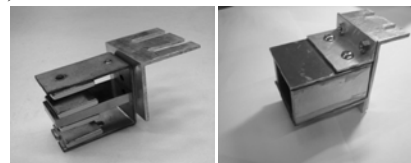


Fig. 2 Controlled structures

3. 磁気ダンパ

3.1 頭頂部二点連結, 基部減衰実験時に用いる磁気ダンパ

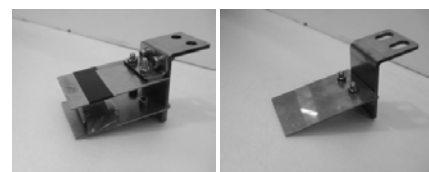
本研究では各構造物を 1 質点に低次元化し、最適調整法によりダンパの最適減衰係数を算出した。頭頂部二点連結, 基部減衰実験時に用いるダンパを Fig. 3 示す。



(a) Permanent magnets (b) Copper conductors
Fig.3 Magnetic Dampers

3.2 マルチ連結時に用いる磁気ダンパ

マルチ連結実験時に用いる磁気ダンパは 3.1 で述べた磁気ダンパの減衰係数の合計を考慮して合計 12 個設計する。Fig. 4 に作成したダンパを示す。



(a) Permanent magnets (b) Copper conductors
Fig.4 Magnetic Dampers

4. 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。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

5. 実験結果

本研究では、水平加振方向に対し主振動方向を 45

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

立証する実験を行っている。

度回転させ、実際の地震に近い状況での有効性実証する実験を行っている。

実験の手法としては、加振器から地震波を流し頭頂部加速度と免震層変位を測定した。

各実験結果から代表してFig. 5 に非連結時とマルチ 567 時の頭頂部加速度の時刻歴応答, Table. 2 に各ピーク値の結果を示す。ここで、マルチ連結とは 12 個のダンパを各層に 4 個ずつ付けたものとし、例外として、マルチ 1267 では 1, 7 階に 4 個, 2, 6 階に 2 個付けたものとする。

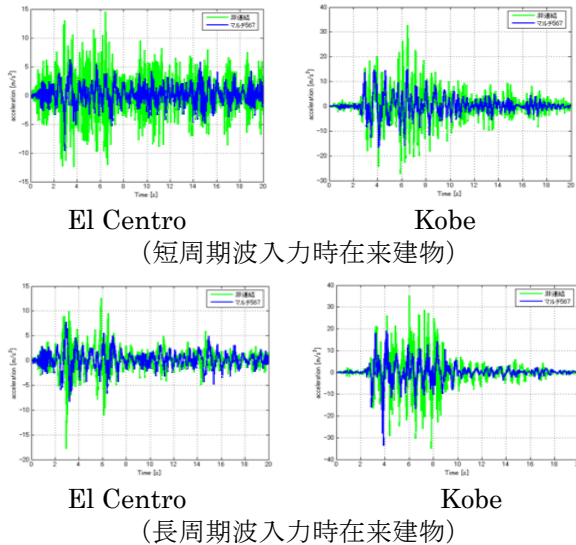


Fig. 5 Time responses of acceleration

Table.2 Peak of acceleration

	ピーク値[m/s ²](El Centro)				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
マルチ567	9.53	9.74	8.23	8.28	15.7	16.4	21.8	20.9
マルチ345	12.0	11.8	11.3	11.8	20.6	20.2	21.9	23.8
マルチ123	14.4	14.1	12.9	12.1	21.0	21.6	28.6	28.1
マルチ1267	10.9	10.9	9.64	8.70	16.1	17.2	23.2	24.6
マルチ147	9.41	9.50	13.2	13.1	20.1	20.6	22.7	21.9
二点連結	8.27	7.92	10.8	11.1	15.7	14.6	22.5	25.0
非連結	14.5	16.4	15.1	17.8	32.8	32.5	31.6	35.3

Table.2 より、マルチ連結は非連結時より頭頂部加速度のピークが減少しているが、二点連結時と比較すると増大している。また、マルチ連結同士で比較すると、磁気ダンパを上(マルチ 567)に取付けた時の方が下(マルチ 123)に取付けた時より頭頂部加速度が抑えられている。

各実験結果から代表してFig. 6 に非連結時とマルチ 567 の免震層変位の時刻歴応答, Table. 3 に各ピーク値の結果を示す。

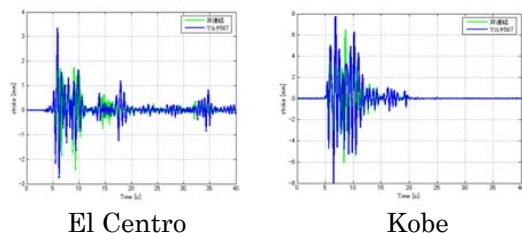


Fig. 6 Time responses of relative displacement

Table.3 Peak of relative displacement

	El Centro	Kobe
	最大値[mm]	
マルチ567	3.36	8.00
マルチ345	3.30	8.00
マルチ123	3.03	7.33
マルチ1267	2.97	7.11
マルチ147	3.05	7.23
二点連結	1.63	5.31
非連結	2.80	6.47

Table.3 より、マルチ連結は非連結時や二点連結時と比較すると免震層変位が増大している。また、マルチ連結同士で比較すると、磁気ダンパを下に取付けた時の方が上に取付けた時より免震層変位が抑えられている。

6. 結言

実験結果より、マルチ連結手法では磁気ダンパを上に取り付けると頭頂部加速度が低減され、免震層変位は増加している。また、磁気ダンパを下に取り付けると頭頂部加速度が増大し、免震層変位が低減されている。このことから、マルチ連結手法において、頭頂部加速度—免震層変位のトレードオフが確認できた。

マルチ連結手法は非連結時より頭頂部加速度は抑えられているが、免震層変位は増加しており、二点連結時より頭頂部加速度と免震層変位共に増加している。よって、マルチ連結は二点連結より制振効果が優れているとはいえない。

しかし、応力集中のことを考慮すると二点連結が必ずしも最適な連結制振手法とはいえず、集中応力に弱い構造物ではマルチ連結の方が良い場合もある。従って、応力低減と制振効果にはトレードオフの関係があると確認できる。これにより、設計の段階で構造物や土地の条件ごとに最適な連結制振手法を選択する必要があるといえる。

7. 今後の展望

今後はより実際の構造物に近付けるため、相似則を用いてサイズ、重さ、固有振動数等の各パラメータを調整する。また、実際の構造物では連結部に作用する応力が小さくなるため、磁気ダンパを弱くする必要がある。以上のことを踏まえて、本研究で用いる制御対象物構造物を改良し同様の実験を行う。

8. 参考文献

[1]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
 [2]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
 [3]Inada, S.(2008),Basic Research on Semi-Active Connected Control System Using MR Dampers to Improve Its Practicability. Nihon University, Tokyo, Japan, 2008, Master’s Thesis.