

K4-58

4 棟連結構造制振システムの提案と実験的性能評価

Proposal of Integrated Connected Control System and its Experimental Evaluation

渡辺研究室
Watanabe Lab

松崎昂平, 高橋洋行, 豊田紘行, 渡辺亨, 背戸一登
Matsuzaki Kohei, Takahashi Hiroyuki, Toyoda Hiroyuki, Watanabe Toru, Seto Kazuto

The connected control method (CCM) utilized reaction force between buildings as damping force by using connecting springs and dampers. The effectiveness of CCM has already been established in previous studies. In this paper, integrated connected control method (ICCM) with an experimental high-rise building split into four substructures is presented for a vibration control method to mitigate structural vibration by using internal damping force by CCM. Therefore, ICCM is expected that is effective method for a high-rise building against large earthquake excitation. In this report, the effectiveness ICCM is investigated through experimental analysis with scaled model.

1. 緒言

近年, 建築技術の発展により建築物の高層化に伴い, 建物自体の固有振動数が低下し長周期・大振幅の地震動に対して共振を起こしてしまうといった問題がある。

現時点では, そのような長周期・大振幅の地震動に対して超高層ビルの揺れに対応できる抜本的な対策はなく, 動吸振器を用いた建物は質量の慣性力を利用し制振力を得ているが, 制振すべき反力にはおのずから限界がある。

そこで, 本研究では連結制振法¹⁾(Fig.1)を応用した4棟連結制振法を提案する. この方法は, 並列に建てられた同一高さで固有振動数が異なる4棟の建物間にダンパを取り付け各建物の相互作用力を利用することで, あらゆる方向からの長周期・大振幅の地震動に対し良好な制振効果が得られると考えられる. また, この同一高さ4棟連結制振法は, 外見は1つの構造物としてみることが出来るという外観上のメリットもある. 今回, 各建物の模型を作製し, 定点理論に基づいた最適調整を行い磁気ダンパの設計をする. 設計した磁気ダンパを用いて各建物を連結し, 同一高さの4棟連結制振法の制振効果を検証する.

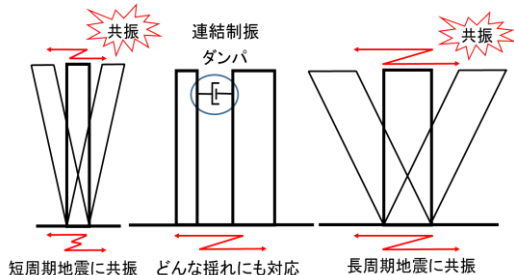


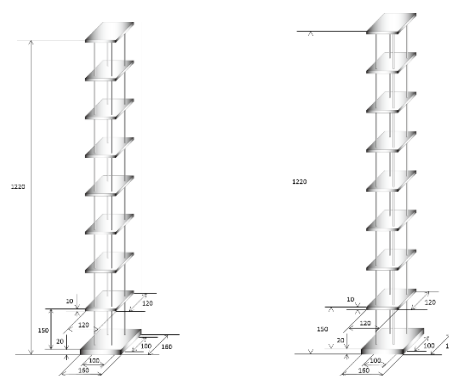
Fig.1 連結制振の適用例

2. 制御対象構造物

4棟の構造物模型は9階層となっており, 柱径4[mm]の棟(St.A)を2棟, 柱径5[mm]のB棟(St.B)を2棟の計4棟から構成され, A棟, B棟をそれぞれ対角線上に配置している. A棟, B棟の1次モードの各固有振動数をTable.1に示す. また, 制御対象構造物をFig.2及び構造物模型の外観をFig.3に示す.

Table.1 Natural frequencies of controlled structures

	1st bending mode
St.A	7.85[Hz]
St.B	10.96[Hz]



(a) Schematic of St. A (b) Schematic of St. B
Fig. 2 Schematic of controlled structures



Fig.3 Controlled structures

3. 磁気ダンパ

本研究では低次元化物理モデル作成法²⁾を用いて各構造物を1質点に低次元化し, 定点理論を応用した最適調整法³⁾によりダンパの最適減衰係数を算出した. Fig.4に作成したダンパを示す.



(a)磁石側 (b)導体側

Fig.4 Magnetic damper

本研究では磁気ダンパの設置位置と加振方向の関係を以下の Fig.5 のように定義する。

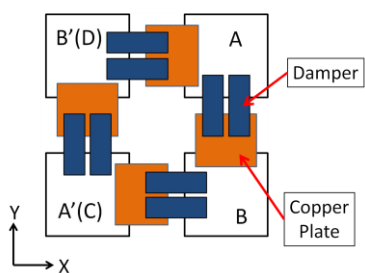


Fig.5 Setting point of magnetic damper and coordinate

5. 実験結果

5.1 周波数応答

Fig.6 に A 棟と B 棟の非連結時, 連結時の周波数応答の比較を示す。

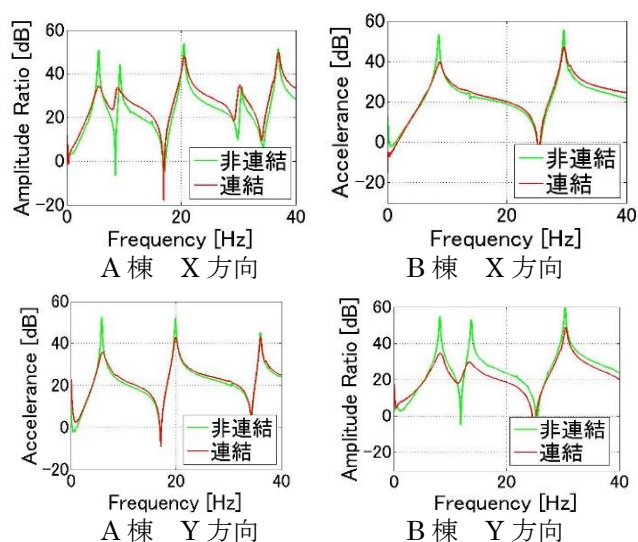


Fig.6 Frequency response

A 棟, B 棟共に各方向において, 連結することで 1 次モードの応答のピーク値が抑えられ, 制振効果が得られていることが分かる. A'(C)棟,B'(D)棟についても同様の結果が得られた. また, A 棟 X 方向, B 棟 Y 方向について, 1 次曲げモードのあとにもう一つ共振点が見られる. これは, 1 次捩じれモードであり, 磁気ダンパを設置した際に重心が偏ったことが原因である。

5.2 加振実験

今回, 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 に弱める. さらに各構造物に対して, 共振させるために, 地震波の卓越周波数が各構造物の固有振動数に同調するように時間スケール⁴⁾を行う. ここでは, A 棟の固有振動数に合わせスケールしたものを A 波とし, B 棟の固有振動数に合わせスケールしたものを B 波とする. 各構造物の地震波加振による加速度の時刻歴応答を Fig.7 に示す。

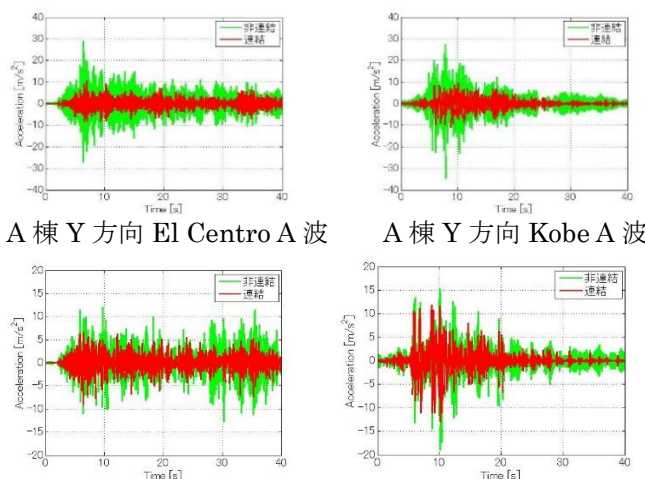


Fig.7 Time response of acceleration

Fig.7 より地震波を入力した際の加速度の応答が, 非連結時と比較して連結時には構造物の振動がより低減されていることがわかる。

6. 結言

構造物モデルを低次元化物理モデル作成法によりモデル化し, 定点理論に基づく最適調整を行い, 構造物間を連結する磁気ダンパの最適減衰率を算出した. 算出した最適減衰率の値を用いた磁気ダンパで連結した構造物に対して, 良好な制振効果が得られることが示された。

今後, 2 次モードまで考慮したシステムを提案し, より良い制振効果を目指す. また, 磁気ダンパを改良することで捩じれの影響を解消することを目指す。

7. 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)構造物の振動制御 背戸一登著 (2006)
- 3)Kouichi I,Kousei S,Kazuto S (1986),Studies of the Vibration Control Method of Parallel Structures (The Method by the Theory of P,T,Q)
- 4) 江守一郎編：模型実験の理論と応用, 技報堂, (1973), p.1-143.