

地震観測データの即時伝送に基づく フィードフォワード型制震に関する実験的研究

東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 谷野 正朝
 東北大学大学院工学研究科附属災害制御研究センター 源栄 正人
 東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻 三辻 和弥

1. はじめに

近年のコンピュータ技術の進歩によって、リアルタイム地震情報を得ることが可能になりつつあり、それを利用したフィードフォワード制御によるアクティブ・セミアクティブ制震の研究が行われている¹⁾。本研究では将来的な緊急地震速報の利用法を前提に変剛性制震システムについて検討する。現在の緊急地震速報における地震動予測は精度の面で課題があるが、前線地震観測点で得られた地震波形から震源位置・地震規模を推定するのではなく、得られた地震波形を直接入力として評価点の地震動を高精度に予測する研究が行われており、建物の振動制御に応用できると考えられる²⁾。特に本研究では、建物の振動制御に着目し、やって来る地震動のフーリエスペクトルが得られると仮定したフィードフォワード制御による変剛性制震システムの有効性を小型振動台を用いて実験的に検証する。

2. 実験システムと建物模型の基本的性能

実験システムは振動台加振と変剛性制震の二つのシステムから成る。その概略を図1に示す。点線で囲まれた部分が変剛性制震システムでフィードフォワード制御、破線で囲まれた部分が振動台加振システムでフィードフォワードとフィードバックを併用した2自由度制御(図2)となっており、入力どおりの信号を再現することができる。建物模型は3層(写真1)で、それぞれの層の梁と真ん中の柱の接合部に電磁石が設置してある。電磁石がオンの状態(写真2)になると、梁と柱がくっつき、剛性が高くなる。逆にオフの状態(写真3)になると梁と柱が離れ、剛性は低くなる。また、振動台加振システムの方は構造物の地震応答をフィードバックすることで、地盤と建物の動的相互作用を考慮した加振ができるという特徴もある³⁾。

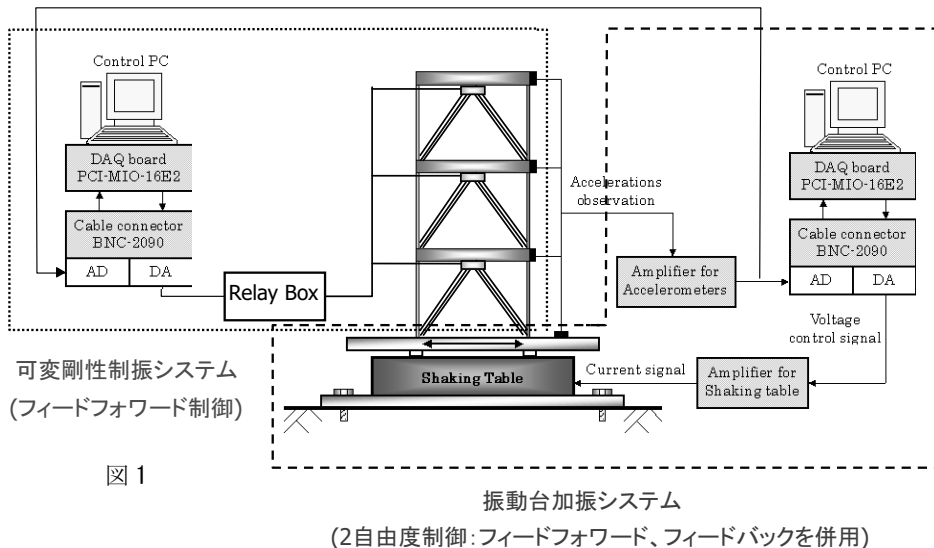


図 1

*Experimental study of feed forward type damping structure based on immediate transmission of earthquake observation data, Tohoku Univ. by Masatomo Tanino, Masato Motosaka, Kazuya Mitsuji

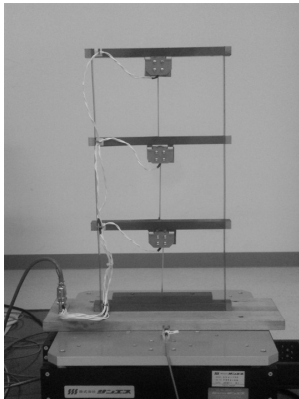


写真1

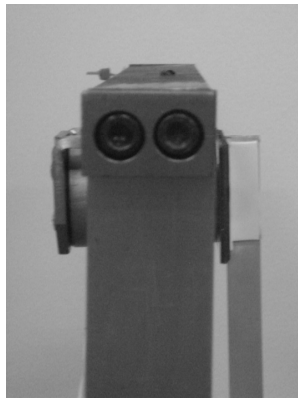


写真2

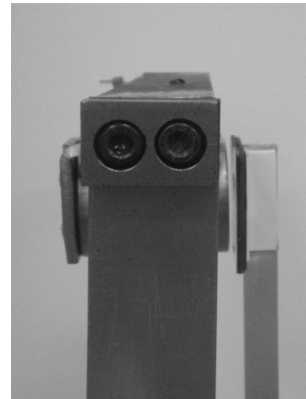


写真3

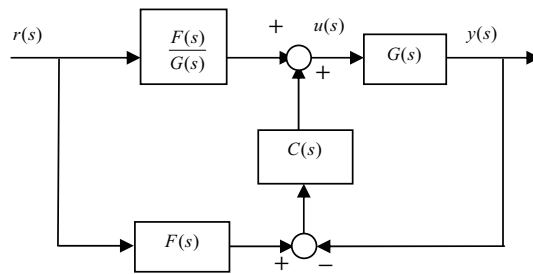


図2 2自由度制御

それぞれの層の電磁石は独立に制御可能であり剛性タイプとして8パターン再現可能であるが、今回の実験では全部の層を電磁石オフにした低剛性タイプ(固有振動数 1.7Hz)と全部の層をオンにした高剛性タイプ(固有振動数 3.4Hz)を用いて実験を行う。それぞれの伝達関数を図 3, 4 に示す。

低剛性タイプ

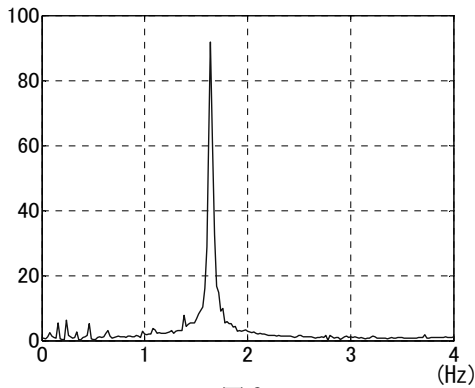


図3

高剛性タイプ

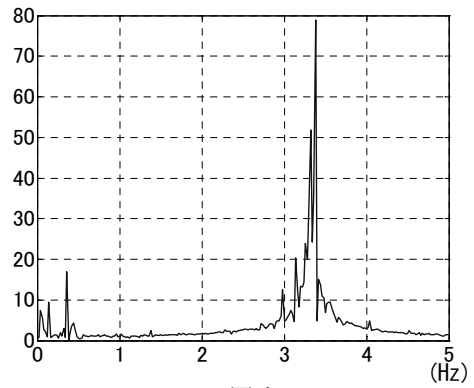


図4

調和振動加振で剛性の切り替えによる応答低減を確認する。それぞれの固有振動数の調和振動で加振して共振させた状態から剛性を変化させ、加速度応答の変化を見た。図 5 が 1.7Hz の調和振動加振で低剛性タイプを共振させてから高剛性タイプに切り替えたもの、図 6 が 3.4Hz の調和振動加振で高剛性タイプを共振させてから低剛性タイプに切り替えたものである。図から高剛性から低剛性への切り替えでは応答がスムーズに低減されているのに対し、低剛性から高剛性への切り替えでは応答が低減されるのに 1 秒位のタイムラグがあることがわかる。

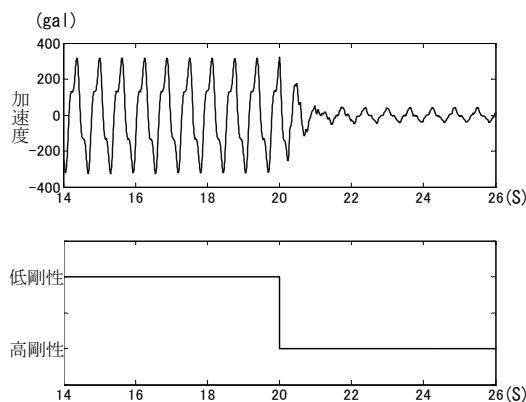


図 5

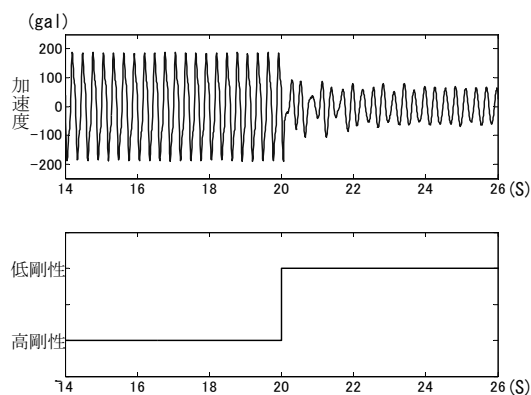


図 6

3. 制御アルゴリズム

調和振動加振での剛性の切り替えで応答が低減されるのに 1 秒位のタイムラグがあることから、可変剛性制震システムで利用できると仮定する地震情報を 2 秒間隔のフーリエスペクトル(図 7)とする。この情報を基に建物の剛性の切り替えを行い、建物を制御していく。2 つのタイプの伝達関数を比較すると(図 8)、2Hz までは低剛性タイプの方が大きい、2Hz から逆転して高剛性タイプの方が大きくなる。したがって、得られた 2 秒間隔のフーリエスペクトルから卓越振動数を読み取り、伝達関数が逆転する 2Hz と比較し、以下であれば高剛性タイプを、大きければ低剛性タイプを選択することとする。

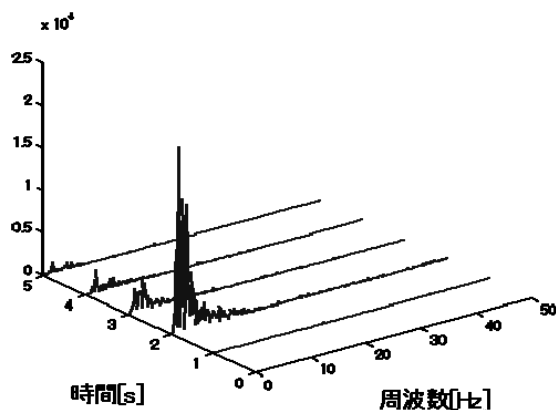


図 7

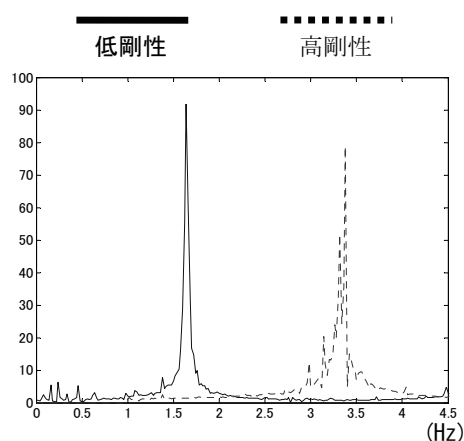


図 8

4. 地震応答

振動台による地震動加振の結果を図6に示す。入力はJMA神戸の10%とした。一番上のグラフが低剛性タイプと制御を比較したもの。二番目のグラフが高剛性と制御を比較したもので、一番下のグラフが選択した剛性のタイプを示している。低剛性と制御したものを比較すると応答加速度が低減されており、その効果を確認できた。

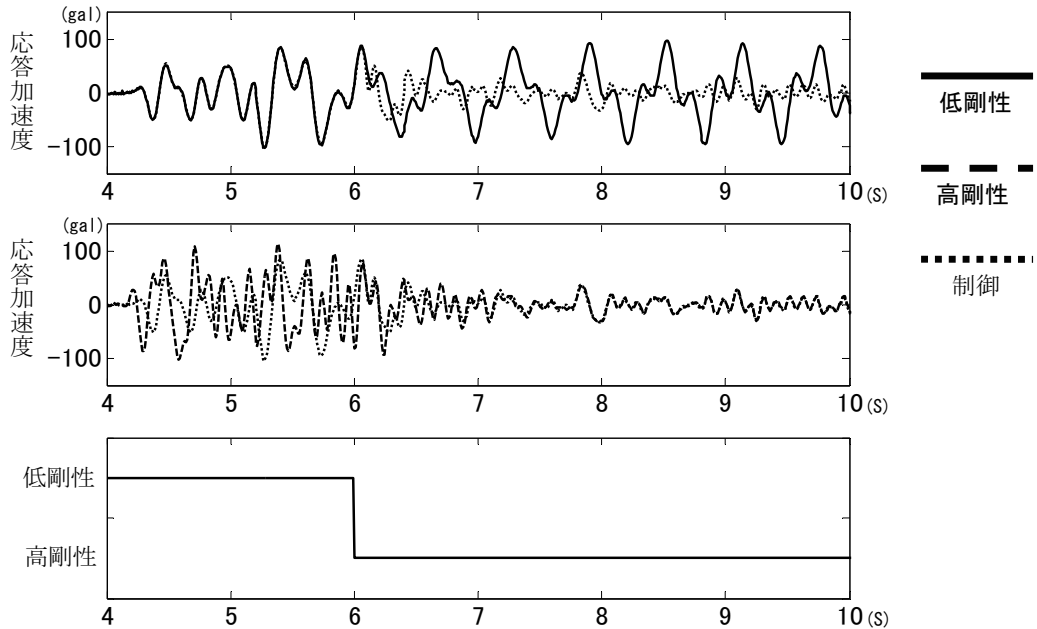


図9

5. まとめ

フィードフォワード制御による可変剛性制震システムの性能を小型振動台を用いて実験的に検証した。JMA神戸波加振で剛性を制御した結果、低剛性と制御したものを比較すると応答加速度が低減されており、その効果が確認できた。

参考文献

- 1) 折田潤, 金久保利之, 境有紀:地震動の即時配信によるフィードフォワード型制震システムに関する基礎研究, 日本地震工学会論文集 第7巻 第1号 pp.61-78 2007
- 2) KUYUK, H. S. and MOTOSAKA: Spectral Forecasting of Earthquake Ground Motion using Regional and National EEWs for Advanced Engineering Application against Approaching Miyagi-ken Oki Earthquakes, 14th World Conference on Earthquake Engineering, Beijing, China, Oct. 2008
- 3) Sung-Kyung Lee and MOTOSAKA: Shaking Table Testing Method based on the Substructure Method considering Dynamic Soil-Structure Interaction, International Symposium on Network and Center-Based Research for Smart Structure Technologies and Earthquake Engineering