

大地震に対する AMD の制御法と作動試験

株式会社 IHI 正会員 ○小池 裕二
株式会社 IHI 今関 正典
株式会社 IHI 風間 睦広

1. はじめに

近い将来、襲来するとされている大地震では、高層ビルの揺れが大きくなることが懸念されている。高層ビルでは、近年、強風時の居住性向上のためにアクティブ式制振装置⁽¹⁾が設置されていることから、同装置の地震への対応が課題となっている。本報では、大地震においても装置を停止させずに能力の範囲内で作動させることを目的としており、その制御法を提案している。本制御法を実機のアクティブ式制振装置（以下、AMDと呼ぶ）に実装し、陸上での単体作動試験によって、適用への見通しを得たので、以下に報告する。

2. 予見制御を用いた振幅制御法の提案

2・1 制御系の構成

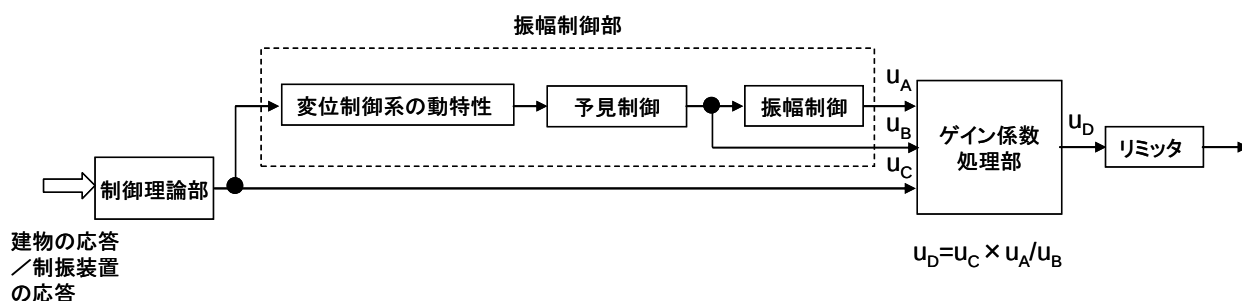


図 1 制御系の構成

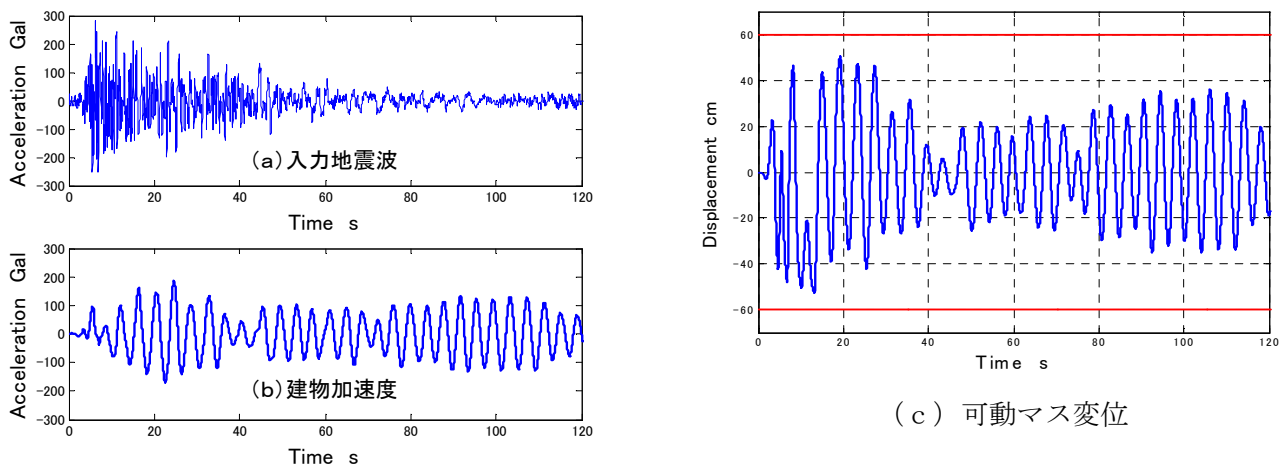


図2 時刻歴応答波形の計算結果

図 1 に制御系の構成を示す．可動マスの制御には，指令値に可動マス変位を与える変位制御系を用いることを想定している．図の左端の制御理論部では，建物および制振装置の応答から制御理論に基づいて制御入力を生成する．この入力，外乱の増大とともに大きくなるので，端部への衝突を避けるために振幅制御を行い，

キーワード 制振, AMD, 大地震, 振幅制御, 予見制御

連絡先 〒235-8501 神奈川県横浜市磯子区新中原町1丁目 株式会社 IHI TEL 045-759-2866

許容ストロークの範囲内で作動できるようにする。振幅制御部では、急激な入力の変化にも速やかに対応できるように、位相進み補償を導入し、制御入力を先行して推定させるようにする。ここでは、この方法を予見制御と呼ぶことにする。予見制御は、制御理論部で得られた制御入力に変位制御系の動特性を通した出力に対して施される。予見制御の出力は、振幅制御へ入力され、適切な振幅の大きさが決定される。

2・2 数値計算

上記の制御法を用いて地震波を入力したときの制振装置の動的挙動を数値計算によって評価する。制振対象は、高さ約 140mの高層ビルで、一般化質量および固有周期はそれぞれ、15000 t および 4 s である。AMD の挙動確認が目的なので、建物は一次モードのみを考慮した一自由度系でモデル化する。同建物を後述の AMD 二台で制振する場合を考える。図 1 の制御理論部には H_{∞} 制御を用い、制振時の減衰を約 7% に設定する。時刻歴応答計算に用いる地震波には、平成 12 年建設省告示 1461 号に基づいて作成された模擬地震波を用いる。入力レベルは、非制振時の加速度が 200Gal になるように規準化する。図 2 は、同地震に対する制振時の時刻歴応答波形を示したものであり、(c) の可動マス変位には最大変位を破線で示している。このような大地震においても、振幅制御によって可動マスは許容ストローク内で作動できていることがわかる。

3. AMD 実機による制御試験

提案の制御法を実装し、装置の動的挙動を確認した。試験に用いた AMD を図 3 に示す。これは、リニアガイド上に支持された可動マスを二台のモータで左右方向に駆動させるもので、可動マス質量は 50 t、ストロークは ± 0.6 m である。この装置の制御部に、図 2 (b) の建物加速度応答を入力し、制振モードで作動させる。図 4 は、そのためのブロック図を示したものである。建物加速度は予め、時刻歴応答計算によって求めておき、DSP より発生させる。制御器では、図 1 の振幅制御が施された後、制御入力が出力される。

試験で実測された可動マス変位の時刻歴応答波形を図 5 に示す。20 s 前後において、実測値のほう小さくなることを除けば、両者は良く一致しており、装置が制御則通りに作動していることがわかる。

4. 結論

大地震に対して AMD を停止させずに、能力の範囲内で効率的に作動させるための制御法を検討した。急激な入力の増加に対応するために、予見制御を用いた振幅制御法を提案した。制振作動可能な床応答レベルを 200Gal に設定し、数値シミュレーションおよび AMD 実機による作動試験を行った。その結果、装置は想定どおりに作動することを確認し、本制御法を大地震に対して適用する見通しを得た。

参考文献

(1) 常木康弘, 鳥井信吾, 末岡利之, 宇田川貴章, 今関正典, 白木博文 東京ミッドタウンプロジェクト タワー棟 (A 棟) の構造設計 スタンダードな設計を旨に東京一高層のビルを実現 建築技術 2007 年 8 月号 No.2 pp172~177.



図 3 試験に用いた AMD の概観

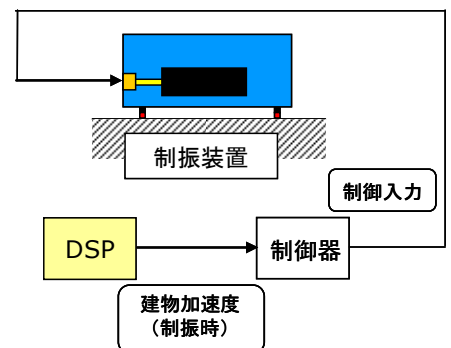


図 4 試験方法のブロック図

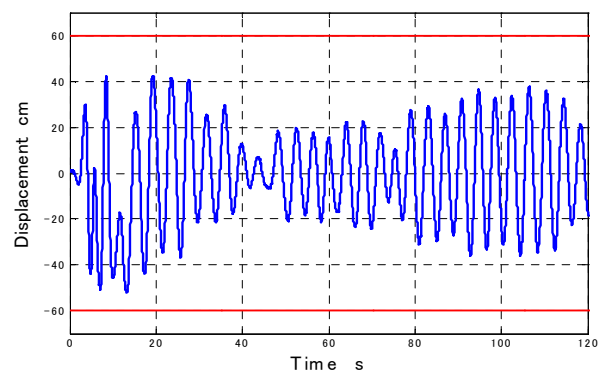


図 5 可動マス変位の実測結果