

リニアモータを用いた振動発生装置

高井 茂光*
Shigemitsu Takai

1. はじめに

マスダンパ等の制震（振）構造は装置の発生する慣性力をカウンターフォースとして構造物の振動を低減する手法であることから、その機器構成や制御方法は基本的に振動台や起振機といった振動発生装置と同様であると考えることができる。本論では、アクチュエータとしてリニアモータを採用した振動発生装置について述べる。

2. リニアモータの特長

従来、土木、建築構造物用の振動発生装置は、油圧シリンダと電気油圧式サーボバルブの組み合わせによるアクチュエータにより実現されているが、これはtonfオーダーの大きな推力が要求されることが主な理由である。しかしながら、近年では大容量の純電気式のリニアモータが開発され、それをサーボドライブする技術も確立されている。その特長として、回転式モータで必要なギアやボールネジといった運動変換機構が不用であり制御性が高いことが挙げられる。また、高速駆動の実現、装置全体がコンパクトであること、などの特長を持っている。

3. 装置概要

試作した装置は、同期型リニアACサーボモータをアクチュエータとし、直線運動ベアリングで案内したテーブル型の多目的1軸振動発生装置である。リニアモータの駆動部略図を図-1に、設計仕様を表-1に示す。図-2は電流制御回路を簡略化したブロック線図であり、1次遅れ特性を持つモータをPI制御で駆動している。この線図から電流指令 $I_c[V]$ に対する推力 $F_c[N]$ の関係を求めると、

(1)式のようになり、本システムの定数を代入すると図-3のような結果になった。100[Hz]以下の振動数領域では振幅は60[db]でほぼ一定であり位相遅れも無視できる程度となっている。しかし、この推力はモータのエアギャップに発生する電磁的な推力であり、アクチュエータとして本装置に組み込む場合には、摩擦抵抗や連結部のガタの影響を受け性能劣化が予想される。

4. 性能試験

本振動発生装置の基本作動状態の確認のために、動的推力試験を行った。動的推力の試験方法は、指令信号を図-4(a)に示すような正弦波の対数掃引で入力(1~100[Hz])した場合と、地震波を入力した場合である。いずれも加速度をフィードバックした閉ループ制御により上位コントローラを構成して試験を行っている。

図-4(b)は、図-4(a)の指令信号に対する可動部の加速度時刻歴であるが、縦軸の振幅の変化は上位コントローラの伝達特性を表していると考えることができる。図からほぼ10[Hz]付近までは振幅200[gal]で一定だが、それ以降は、振幅が徐々に小さくなっている。

図-5は1940年Imperial Valley地震(El Centro NS成分)を指令入力したときの加速度時刻歴をフーリエ変換し、指令信号との比をとったもので、周波数領域での伝達特性を表している。なお、図のパーセント表示は原波形の最大振幅341[gal]に対する割合である。10[Hz]付近までの比は、指令振幅によらずほぼ1であり良好な結果が得られた。

以上のように、本振動発生装置では上位コントローラで摩擦抵抗を消去する簡単な制御を施すだけで、10[Hz]以下の振動数領域では、良好な加速度制御が可能であると考えられる。しかし、10[Hz]以上の振動数範囲を対象とする場合は、フレームの剛性を上げたり、連結部を工夫するなどの機械的な改善が必要となってくると考えられる。

5. まとめ

リニアモータをアクチュエータとする振動発生装置の用途は次のようにまとめることができる。

- ①現在の能力では推力が小さいことから、AMDとしては適用範囲がかなり限られるが、HMDのアクティブ要素としては優れた能力を持っていると言える。
- ②起振機としては、ストロークが長くとれるので、回転式起振機に比べて長周期の起振力が得られ、周期の長

*技術研究所構造研究課

い構造物の振動特性試験に非常に有効である。

③振動台としては、1軸で小規模ではあるが変位振幅の大きい地震波が再現可能であり、使用目的によっては有効である。

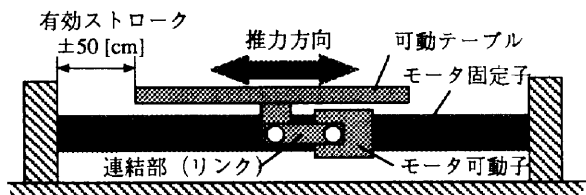


図-1 駆動部略図

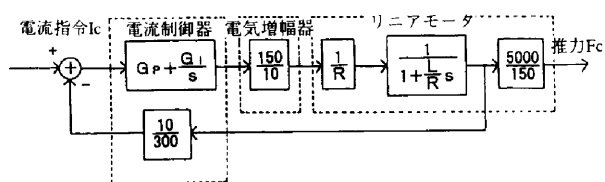
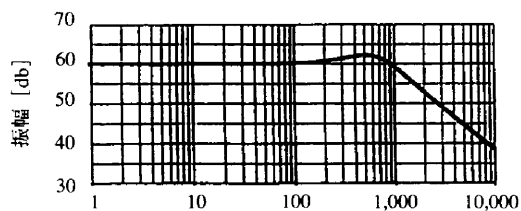
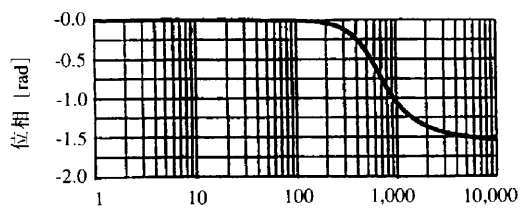


図-2 電流制御回路

$$F_c(s) = \frac{1000(G_{ps} + G_i)}{2LS^2 + (2R + G_p)s + G_i} I_c(s) \quad (1)式$$



(a) 振幅



(b) 位相

図-3 電流指令 $I_c(\omega)$ に対する推力 $F_c(\omega)$ の伝達関数

表-1 振動発生装置の設計仕様

項目	仕様
1	有効ストローク ±700[mm] (装置組込時±500[mm])
2	定格推力 (連続) 最大推力 (1分) 667[kgf] 1000[kgf]
3	最大速度 2.0[m/sec]
4	モータ重量 約450kgf
5	可動子重量 約200kgf
6	可動テーブル重量 約350kgf
7	定格積載重量 約3000kgf

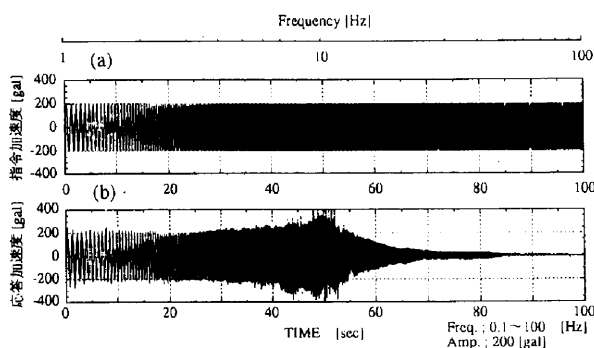


図-4 指令加速度と応答加速度時刻歴波形

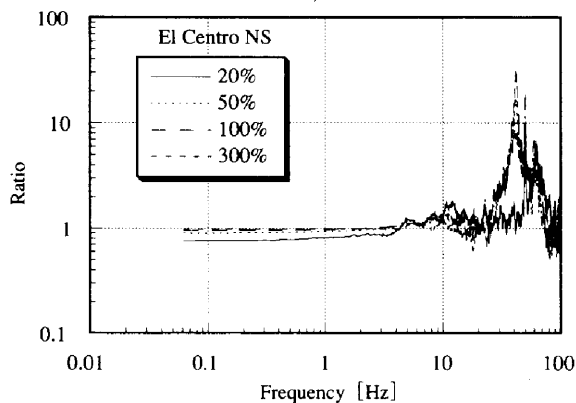


図-5 フーリエスペクトル比(応答加速度/指令加速度)