

耐震教育・啓発用の小型二軸振動台の開発

正会員 小出 栄治* 同 佐武 直紀*
同 太田 賢治** 飯沼 博幸**
同 福和 伸夫***

地震防災 教材 振動台
パルスモータ 制御 任意波形

1. はじめに

兵庫県南部地震以降も、本年3月の能登半島地震を含め、全国各地で被害地震が相次いで発生している。多くの自治体で耐震診断・改修に本腰を入れ始めているが、既存不適格建物の多さや費用の問題等もあり、建物耐震化の進捗状況は芳しくない。その理由の一つに、耐震化の必要性を伝える適切な啓発用教材の不足が挙げられる。

このような状況を踏まえ、筆者らは、各種の振動模型実験教材「ぶるる」、長周期地震動による超高層建物の大振幅挙動を手軽に再現・体感できるロングストローク振動台など、耐震教育・防災意識啓発に役立つ教材・装置の開発を進めてきた^{1), 2)}。

その一環として今回、簡易に模型実験が行えるような小型・廉価で可搬性に優れた二軸振動台の試作・開発を行った。従来の二軸(または三軸・六軸)振動台は、アクチュエータ等を利用した比較的大型のものが殆どであった。今回、免震台の製作に実績のある THK 社の小型二軸免震模型に、駆動用のパルスモータを取り付け、小型かつ廉価な二軸振動台の実現に向けて、ハード・ソフトの試作を行った。

ここでは、今回試作した振動台の機器構成・仕様および動作原理・制御ソフト等について述べる。

2. 振動台の機器構成・仕様

振動台は、写真1に示すように二軸の免震模型の機構を利用して、軽量で簡易に振動実験を行うことができることを目的に製作している。表1に主な諸元を示す。

振動台は、図1の示すように 190×300mm の2枚のベース版と CLB 免震機構から構成される。各々のベース版をパルスモータから伸びるワイヤで引っ張る構造とし、ワイヤを緩めた場合にはバックテンションで復元されるようになっている。

表1 振動台諸元

最大変位振幅	±2cm
加振振動数範囲	0.1~2Hz
加振波形	正弦波、任意波、手動マウス入力波
振動台重量	3kg程度(台のみ)
振動台寸法	300mm×300mm×57mm(台のみ)
駆動電源	AC100V
理論変位分解能	4.867 μm/pulse(10000pulse/round設定時)

図2のシステム構成図に示すように、ノートPCをコントローラにUSB接続し、PC上で変位波形データからパルス量を演算し、2台のパルスモータドライバを通して、2台のパルスモータを制御している。実用上簡易に電源が取れるように、制御BOXにおいてAC100Vの電源をDC24Vに変換して、コントローラ、パルスモータドライバおよびモータに供給している。

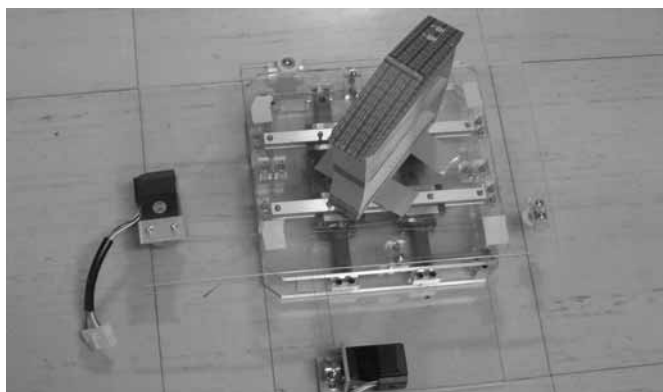


写真1 振動台全景

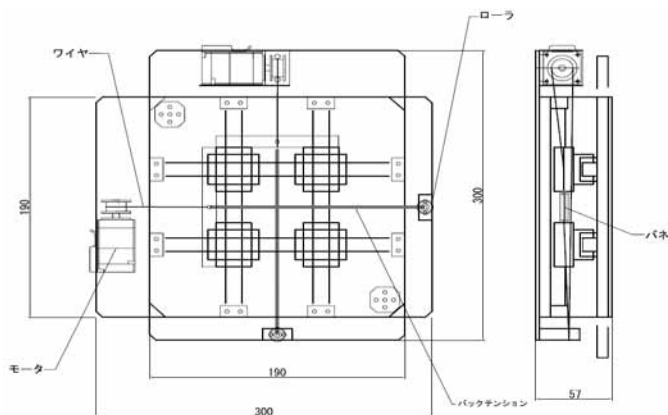


図1 振動台概略図

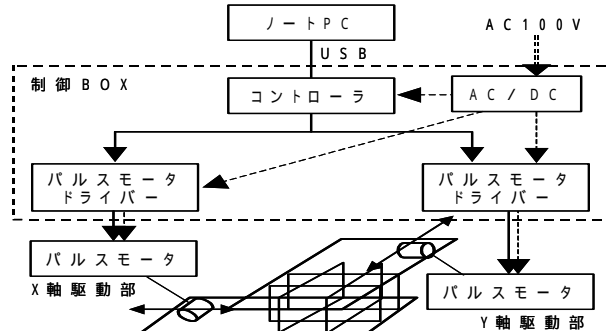


図2 振動台のシステム構成図

3. 振動台動作原理と制御ソフト

駆動用のパルスモータ（オリエンタルモーター社製）は、パルス信号により制御され、任意波形をモータ入力として与えるため、分解能の高いパルス信号を多数与えて滑らかな動きを実現している。本振動台の分解能は理論的には $4.867 \mu\text{m/pulse}$ である。しかし、ワイヤやバックテンションの遊びやベース版の変形などのため、実際には誤差を生ずる。また、一般にモータの駆動トルクは、回転数が上がるに伴い小さくなる。今回採用したパルスモータの性能曲線（トルク - 回転数関係）を図3に示す。最終的に入力波形を忠実に再現するには、十分滑らかな動きができるようハード・ソフト両面からパルス量などを調整する必要がある。モータ制御のためのパルス発生には、USB 制御の市販のパルスモータコントローラ（Y2 社製）を採用した。コントローラ制御ソフトは Visual C で書かれており、コントローラメーカーより供給されるライブラリーをコールすることでモータ制御を行っている。

本振動台の制御ソフトには、通常の二軸振動台について使用が想定される 変位リサージュ加振（図4）、任意変位波形加振（図5）、マウスによる手動入力加振（図5の矢印部分）の3機能を組み込んでおり、誰でも容易に操作できる。原理的には、の任意波形加振機能により、モータ性能の範囲内であらゆる波形が再現可能である。また、振幅 1cm(p-p) の正弦波で $0.1 \sim 2.0\text{Hz}$ の振動数加振についてレーザー変位計による変位計測を行い、出力変位の振幅、振動数の再現精度を確認している。

4. まとめ

小型免震模型台を利用した二軸振動台の試作機を製作することに成功した。現在、写真2に示すように、THK 社において、量産・普及に耐えうる振動台（テーブル寸法 $250 \times 250 \times 70\text{mm}$ 、ストローク $\pm 5\text{cm}$ ）の開発を行っている。完成の後は、防災教育・啓発用として広く普及を図っていきたい。

謝 辞

免震模型の御提供および普及版装置の製作には、THK（株）ACE 事業部 村尾秀己事業部長殿ほかの方々に多大なる御協力を頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 福和伸夫, 鶴田庸介, 花井 勉, 倉田和己ほか: 振動模型実験教材による耐震教育・防災意識啓発の試み(その1)~(その4), 日本建築学会大会(近畿)学術講演梗概集, B-2 分冊, pp.547-554, 2005.9
- 2) 福和伸夫, 佐武直紀, 原 徹夫, 太田賢治, 飯沼博幸, 鶴田庸介, 飛田 潤: 長周期構造物の応答を再現するロングストローク簡易振動台の開発, 日本建築学会技術報告集, 第 25 号, 2007.6(掲載予定)

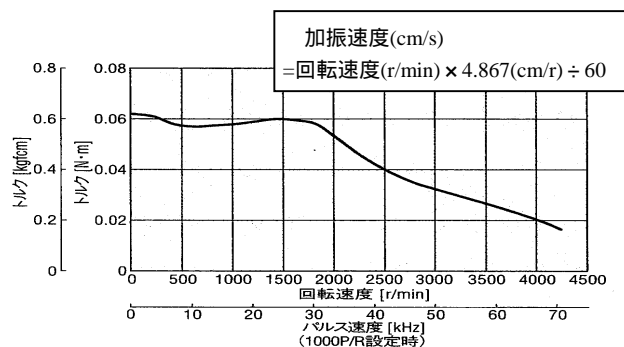


図3 パルスモータの性能曲線

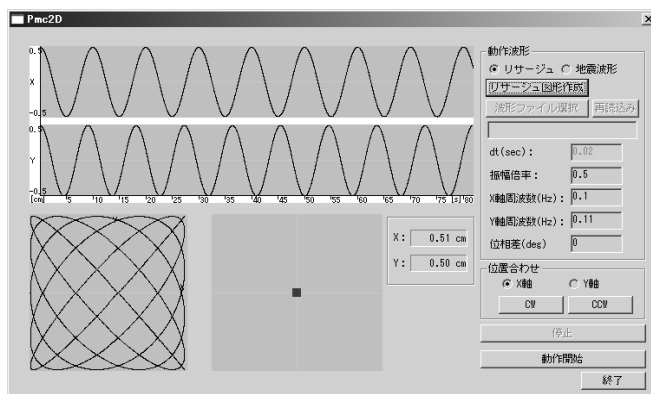


図4 リサージュ加振の設定画面例

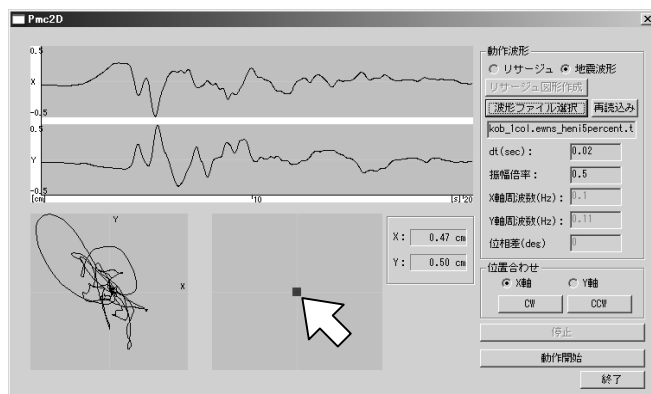


図5 地震波形の再生画面例

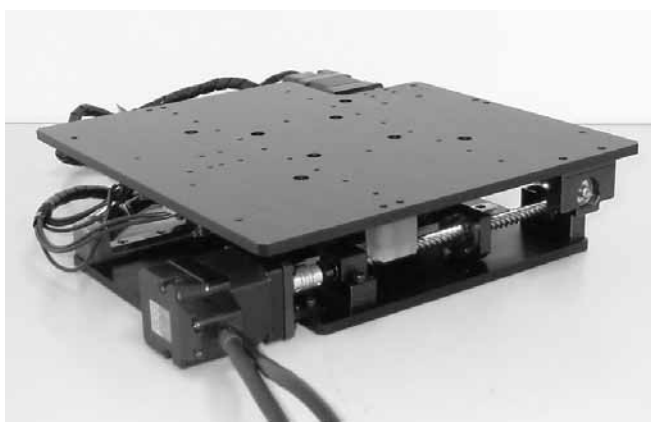


写真2 開発中の改良型振動台全景

* 応用地震計測 地震防災部

** 応用地震計測 開発部

*** 名古屋大学大学院環境学研究科

* Division of Earthquake Disaster Prevention, OYO Seismic Instrumentation Corp.

** Division of Development, OYO Seismic Instrumentation Corp.

*** Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.