

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2) 長周期地震動の体感教材とペーパークラフト教材

正会員 ○鶴田庸介* 同 倉田和己* 同 福和伸夫**
同 太田賢治*** 同 原 徹夫***

長周期地震動 振動台 模型
耐震化 教育 防災意識啓発

1. はじめに

これまで「ぶるる」シリーズは、建物の振動性状を理解させるための教材として開発してきた。本論ではより一般市民向けに、建物の揺れを体感・実感することに重点を置いた教材の開発と活用について紹介する。

2. 自走式ぶるるの概要

自走式ぶるる開発の背景には、海溝型地震による長周期地震動の一般への啓発がある。長周期の揺れを体感する機会が殆どないため、長周期構造物の改修や室内対策が進んでいないのが現状である。そこで、対策を考えるきっかけ作りのために、長周期構造物の居住者に長周期の揺れを体感してもらえる可搬型の長周期振動台を開発した。既存の振動台や起振車などは最大変位振幅の制約から、長周期地震動を十分に再現できていなかったが、本論では自走する台車を活用することにより変位ストロークの制約を克服している。

自走式ぶるるの外観を図1に示す。電動式の貨物台車をベースに、高出力のサーボモーターとバッテリーを搭載することで、振動台としての性能を持たせている。また、ファンクションジェネレーターを内蔵することで、コンピューターから地震記録を転送し、任意波形による加振を可能とした。台車上に人を乗せ、内蔵バッテリーによって駆動させることで、場所を問わずに長周期地震動の体験をしてもらうことができる。

自走式ぶるるの能力特性を調べるために、地震計を台車上に固定し、正弦波加振を行って波形データを収集した。加振振動数とサーボモーターの動作電圧を変化させ、振動台の能力線図を作成した(図2)。周期が5秒以上であれば、片振幅1m以上の揺れを再現できており、この

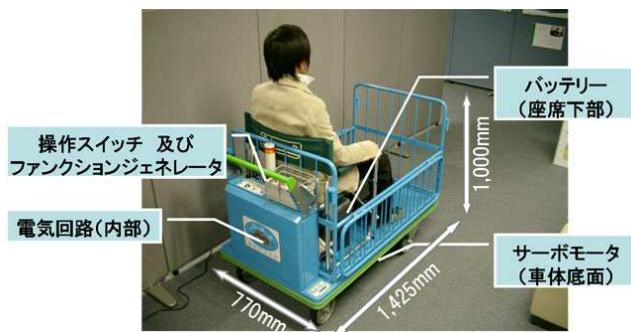


図1 自走式ぶるるの外観と構成

Structural Dynamics Education and Disaster Prevention Public Awareness Using Vibration Experiment Teaching Material
(Part 2) Simulation Tool for Long Period Earthquake Motion, and Hands on tool for Structural Dynamics Education using Paper Crafts

種の振動台が長周期の揺れの再現に有効であることが分かる。しかし、最大応答値は電圧に応じて必ずしも比例していない。本来サーボモーターは速度が電圧に比例する特性を持つが、短周期では機械的な遊びが、長周期では床面とタイヤとの摩擦によるロスが原因であると考えられる。また、5V以上で最大加速度応答に変化が見られないが、これはサーボアンプが5Vで飽和しているためである。

図3はエルセントロ波を入力して加振した結果である。概ね入力波形を再現しており、任意入力波を再現できる振動台としての機能を有していることがわかる。しかし、一般市民にインパクトを与えるにはより高い能力が求められる。現在モーターを増設し出力を増大する改良を行っている。

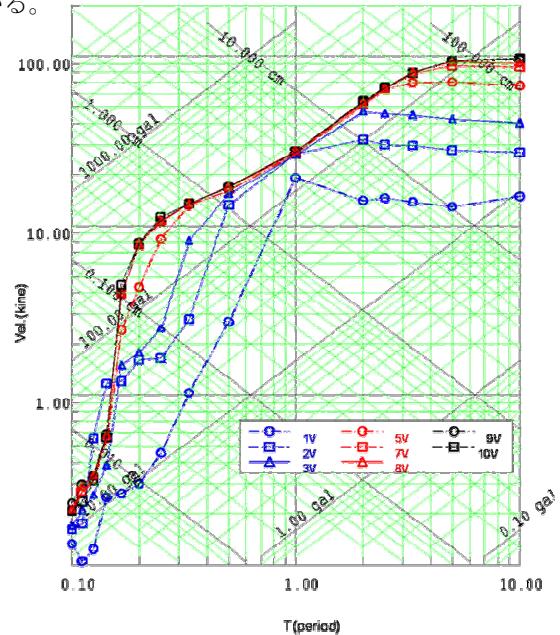


図2 自走式ぶるるの正弦波加振時の能力線図

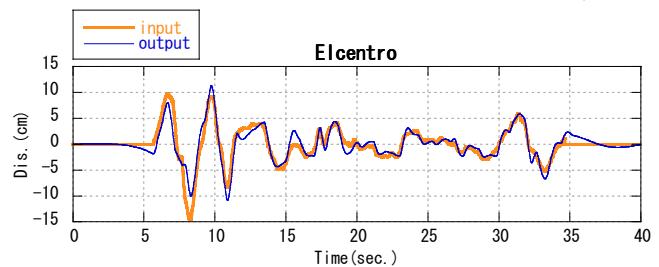


図3 地震波形の再現

TSURUTA Yousuke, KURATA Kazumi, FUKUWA Nobuo, Oota Kenji and HARA Tetsuo

4. 紙ぶるるの開発と実践

手軽に住宅の耐震化のポイントを学習できる振動教材として、図4の紙ぶるるを開発した。これは2階建て住宅の構造を模したペーパークラフトで、屋根や各階の筋交いを着脱して揺れの変化を見せることにより、耐震化の重要性を体感できる振動教材である(図5)。

紙ぶるるを実際にさまざまな防災イベントで使ってもらい、そこで出た問題点を元にさらに改良を進めることを繰り返してきた。ペーパークラフトであることが子供の興味を引くようで、小学生以下の子供とその親といった来場者と、啓発側とのファーストコンタクトにも効果が高いことや、紙ぶるるの利用を通して、小学生でも筋交いの効果を理解できることができることがわかった。現時点での利用数は1万枚を超えており、行政や企業、ボランティア団体などで幅広く使われている。

現在、(その4)に示す振動教育・防災教育用ホームページにてダウンロードできるようになっている。今後の紙ぶるるの改良のためにユーザーの意見を吸い上げる工夫として、ダウンロードの前に利用目的アンケートに答えてもらう仕組みを作った。その結果を図6に示す。企業の場合1人での利用が多いのは、本人が試しに作っているからと考えられる。複数の人数で利用する場合は、その対象者は社会人で、目的が社員向け教育や啓発と答えられているため、社内での防災教育に使われたと考え

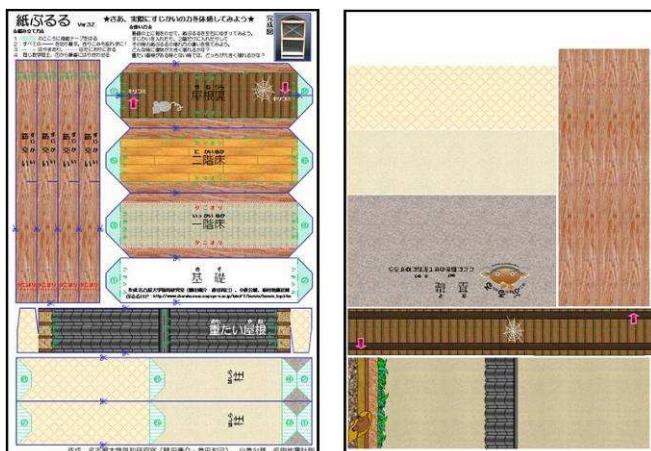


図4 開発した紙ぶるる（左：表 右：裏）

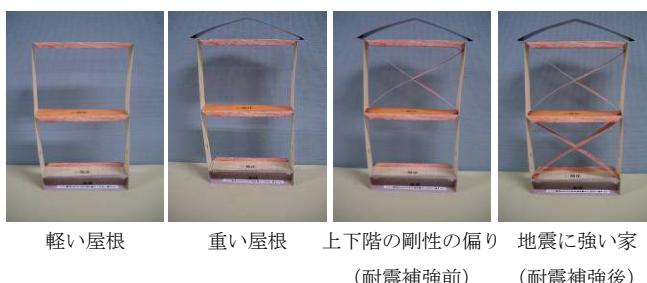


図5 様々なタイプの住宅のモデル化

* 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生

** 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

*** 応用地震計測（株）

られる。また、教育機関では利用対象者がすべて小・中・高校の学生であったことから、授業等で使用されたと考えられる。このように、紙ぶるるは学校における教育教材としても多用され始めていることがわかる。

様々な防災イベントでの意見やアンケートを通して「上下階の剛性のバランスの大切さが良くわかった」、学生からは「模型がかわいくて、楽しく勉強できる」、高校教員からは「こんなものが欲しいとずっと思っていたものが見つかりました」とコメントを頂いており、高い教育効果が伺われる。自治体・公共団体からは大々的なイベントで使用し大変好評だったとの報告も多数受けている。防災教育や防災意識啓発の道具として今後ますます利用が高まっていくと思われる。

5. まとめ

本論では“自走式ぶるる”的概要と性能測定、“紙ぶるる”的開発と実践、そして効果について説明した。これらの教材で体験学習をすることで、現象の理解がしにくい振動、耐震化のポイントを理解することができる。住宅耐震化、地域協力体制の構築等の防災力向上のためには意識啓発に加え、個人の防災知識を深めることが必要不可欠であり、そのための防災教育のツールとしてさらに発展させていくつもりである。

謝辞

自走式ぶるる及び紙ぶるるの発想には、小倉公雄氏の独創的なアイデアに負うところが大きい。ここに、記して謝意を表する。

参考文献

1) 福和伸夫, 原徹夫, 小出栄治, 生田領野: 携帯手回し振動台「ぶるる」の開発, 日本建築学会技術報告集, 第17号, pp.83-86, 2003.6

2) 振動論教材「ぶるる」のページ

<http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/labofT/bururu/>

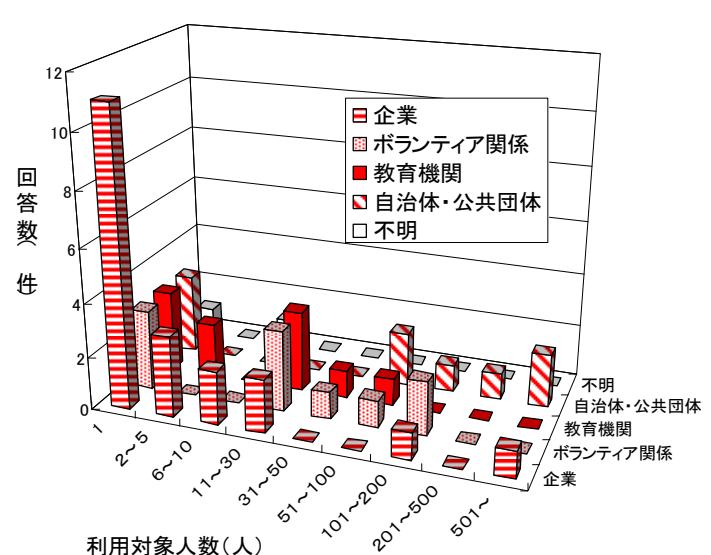


図6 紙ぶるる利用目的アンケート結果

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

** Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.

*** OYO-SI Corporation