

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) 実験教材の概要と活用

振動実験
耐震化

模型
教育

E ラーニング
防災意識啓発

正会員 福和伸夫* 同 倉田和己** 同 鶴田庸介**
同 小出栄治*** 同 原 徹夫***

1. はじめに

兵庫県南部地震以降、被害地震が相次ぐ中、東海・東南海・南海地震、宮城県沖地震、首都圏直下地震などの発生が懸念され、既存家屋の耐震化が喫緊の課題になっている。多くの自治体では耐震診断や耐震改修に補助制度を導入しているが、その進捗状況は芳しくない。その理由の一つには、耐震化の必要性を伝える適切な啓発用教材の不足が考えられる。

一方、最近では、免震や制震など、建物の振動性状を能動的に制御する建築物が急増し、建築設計においても、建物の振動性状の理解が不可欠になってきており、建築教育用の振動実験教材のニーズも高まってきている。

このような背景の中、筆者らは、試行錯誤しながら様々な振動実験教材を試作してきた。また、これらを利用したビデオ教材やE ラーニング教材を作ってきた。本論では、試作した実験教材とホームページの概要を示し、(その2)～(その4)では、近年開発した実験教材について具体的中身と活用法を述べることにする。

2. 各種実験教材の概要

2000 年に携帯型振動台を開発したのが教材開発の契機になった。これは、ジュラルミン製のアタッシュケースに、ハンドルを手回しすることで並進運動する振動台と、様々な実験教材を一体収納したもので、「運ぶ、回る、揺れる」の語呂合わせで「ぶるる」と名付けた¹⁾。

従来、この種の教材が無かったこともあり、反響は大きく、この実験教材を用いた啓発活動の依頼が多方面からあった。現在、この教材は、全国の大学、博物館・科学館、官公庁の防災・建築部局、防災ボランティア、建設会社・住宅メーカーなどで、百台以上が活躍している。

多くの方々が利用する中で、様々な要望も寄せられた。より携帯性の優れた小型のもの、電動のもの、起振機、体育館などで啓発できる大型のもの、家屋の倒壊までが分かるものなど、などである。表1は、これらの要望に応じて、徐々に開発してきた教材である。以下に、各実験教材の概要を簡単に記す。

1) 手回しぶるる

最初に開発した振動模型実験教材であり、ユニバーサ

ルジョイントを用いて、回転運動を並進運動に変換する機構を利用している。手回しによって振動数の体感ができる。免震、制震、液状化を含め、様々な実験が可能であり、大学の講義での振動教育から小学生の体感学習まで幅広く使うことができる。やや重いのが難点になっている。

2) 電動ぶるる

手回しぶるるを電動にし、軽量化したもの。バッテリー駆動可能で、免震・耐震、筋交いや壁のバランスによる揺れ方の違いを見せることが容易にできる。小型なので教室での利用に向いている。

3) 台車ぶるる

愛知県下の小学校で実施した親子参加型地震防災教育のために開発した台車を利用した振動台である。運搬用の台車を改造することにより、地震動を模擬しやすくなっている。子供を載せて地震動を体感させたり、木造建物模型を載せて筋交いのバランスや屋根の重さの影響、家具の転倒などを実感させることができる。大型なので、体育館や防災訓練などで利用に向いている。

4) 木造倒壊ぶるる

木造建物の耐震化のポイントを倒壊実験により解説するため開発した教材である。振動台は台車ぶるるを改良している。精巧な1/10縮尺の2階建て模型を2棟台車に載せ、筋交いのバランス、屋根の重さ、接合金物の有無、地盤の良否、土台の基礎へのアンカーの有無などによる建物の倒壊性状の違いを見せる。模型は再組み立てが可能だが、組み立てに手間がかかるから、倒壊状況を録画したビデオを併用して用いると効果的である。行政が開催する住宅フェアでの耐震化の啓発や、住宅の耐震化の啓発番組などで多用されている。

5) 自走式ぶるる

電動台車を改造した制御可能な自走式振動台である。長周期建築物の室内の揺れを再現することを意図しており、一般的の振動台では再現不可能な長周期の超ロングストロークの揺れを再現できる。電動台車の架台を利用し、ファンクションジェネレータとサーボモータを設置して、任意の波形を再現する。現状は100Vのサーボモータを利用しているためパワー不足気味であるが、今後、改良を重ねる予定である。

表1 振動現象を体感させる実験教材「ぶるる」シリーズ

名称	写真	操作方法	特徴	用途
手回し ぶるる		手回しハンドル回転運動を並進運動に変換し台を振動させる	様々な模型がアタッシュケースに内蔵されており持ち運びに便利。手でハンドルを回すことでの周期特性を実感しやすい。	講義、イベントなど広い用途に対応できる。振動現象を視覚的に説明することで、振動論の学習効果向上が期待できる。
電動 ぶるる		内蔵バッテリーによるモーター駆動。ダイアルにより振動数を変化させて台を振動させる。	振動周期を機械制御できるため、一定かつ再現性のある揺れを起こすことができる。軽量なので、持ち運びが容易。	振動数の連続的な変化や、手回しでは再現しにくい短周期・長周期の揺れを簡単に再現できる。
台車 ぶるる		荷物運搬用台車に取り付けたハンドルを前後に動かすことにより、台車を揺する。	木造建物に近いモデルで実験でき、耐震補強効果を実感しやすい。偏心によるねじれも見れる。子供を乗せて揺れを実感させること可能。	木造建物の耐震補強効果について、一般の方にも理解しやすい説明ができる。
木造倒壊 ぶるる		台車ぶるると同様の台車の上に2つの建物を載せて倒壊性状の違いをみる。	筋交や構造用合板の有無、壁配置のバランス、接合金物の有無、屋根重量、地盤の硬軟、家具転倒防止、ブロック塀などを実演できる。	在来軸組構造の1/10縮小模型で、構造の違いによる倒壊の仕方の違いを見ることができ、耐震化の啓発に最適。
自走式 ぶるる		内蔵バッテリーによりサーボモータを駆動し、入力した地震動波形を再現する。	従来の振動台では再現できなかった長周期でロングストロークの地震動を再現する。台に乗って揺れを体感することができる。	高層建物の居住者や関係者に揺れを体感してもらうことで、意識の向上を図ることができる。
紙 ぶるる		紙で組み立てた家模型を手で左右に揺する。	自分で作り、自分の手で揺ることによって固有周期の違い、すじかいの効果などを実感することができる。	参加型ワークショップでの利用、講演会のお土産に有用。子供たちに建物の揺れ方について興味を持たせる時にも活用できる。
小型起振 機ぶるる		内蔵電池によって水平方向の起振を行う。ダイアルにより振動数を変化させることができが可能。	小型の模型に乗せて建物を揺ることができる。共振曲線を理解するのに有効。	建築物の振動実験で良く用いられる起振実験の原理を説明するのに利用できる。

6) 紙ぶるる

住宅の耐震化のキーポイントを簡単に実感できるようにした紙製の住宅模型作成キットである。ミシン目入りの厚紙なので、両面テープか糊があれば、子供でも10分程度で組み立て可能である。屋根の重さや筋交いのバランスの大事さを実感でき、自分で作り、住宅の揺れを自分で体感できるため、耐震化のイベントや小中学校では効果絶大である。既に1万枚以上が使われている。

7) 小型起振機ぶるる

超小型の偏心マスによる起振機である。手回しぶるるの模型上に設置して起振機実験をすることにより共振曲線を実感させることができる。開発の発端は、原子力発電施設での起振機実験の理屈を解説するためであり、手回しぶるると組み合わせて、地動による共振と起振機による共振の共通点を示すことを目的としていた。

3. 振動教育・防災教育用ホームページ

振動実験教材の開発と合わせて、これらを有効に活用するためのホームページ作りを行いつつある。実験教材の映像や、教材の利用方法を示したり、振動論の入門ペ

ージを示したりしている。詳細は、(その2)以降に示すが、図1に示すように様々な人たちがコンタクトしやすくするよう、馴染みやすいページとしている。

謝辞

ぶるるシリーズの振動実験教材の開発は、小倉公雄氏の独創的なアイデアに負うところが大きい。また、多くの利用者の方々の有益な助言で、改良を重ねてきた。各位に、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



図1 振動教育・防災教育用ホームページ

* 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博

** 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生

*** 応用地震計測(株)

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

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

*** OYO-SI Corporation