

# 中学生・市民を対象にした防災学習教材の開発と実践

中川 肇\*

## Development and Practices of Teaching Materials on Disaster Prevention Education for Junior High School Students and Citizens

Hajime NAKAGAWA

### ABSTRACT

This paper presents the shaking table test results of two types of wooden house models and the rocking base-isolated model based on the earthquake accelerogram recorded during the Niigata-ken Chuetsu (2004) earthquake. The wooden house models are two-story frame models with braces and seismic walls. The rocking base isolated device is composed of bearings arched in the lower part, steel balls and a stainless steel sheet. The experiments are carried out for sweep and two-direction vibration tests. In the sweep test, the first natural frequency of the two wooden models was 4.04 and 6.06 Hz. In the two-direction vibration test, the safety and base isolated models did not collapse, but the no-safety model collapsed due to the torsion vibration. Teaching materials of wooden house and an experimental video are introduced through disaster prevention education for junior high school students and citizens.

**KEY WORDS:** wooden house with parking, teaching materials of wooden house, rocking base isolated house, disaster prevention education video

### 1. 序

1995年の兵庫県南部地震以後、数年間、市民の防災意識は改善され、自主防災組織が数多く設立し、防災訓練が毎年実施されるようになった。兵庫県南部地震後、12年経過した被災地である神戸の町から震災に対する恐怖感、災害への備えは日増しに希薄になっていると言えよう。前報<sup>1)</sup>では、防災学習に適用する木造模型教材を開発し、新潟県中越地震による2次元振動実験を実施し、その教材の有用性について論じた。その木造模型教材は、一日に何回も実験を繰り返すと柱頭・柱脚の面ファスナーが磨耗し元の状態に復元するのに少し時間がかかり、同一の挙動を示さない欠点を有した。本論では、柱頭、柱脚部の面ファスナーの改良と柱脚にポスターを掲示するとき用いる弾力性のある両面テープを用い、木造模型教材を製作する。前報と同様に、新潟県中越地震による振動実験を行い、地震時の挙動を確認し実験の様子をビデオカメラで撮影、編集し、

防災学習用ビデオ教材を製作する。開発した防災学習教材を基に、中学生、市民に対して実施した防災学習について報告する。

### 2. 木造模型教材の設計及び製作

写真1は新潟県中越地震で倒壊した車庫付き木造住宅（以下、ビルトイン住宅<sup>2)</sup>）である。模型は振動台の制約条件から縮尺1/20とし、平面寸法が300mm×450mm、階高125mm、全高404mmである。

図1、2は実験で崩壊しない模型、振れ崩壊する可能性のある模型（以下、健全くん、崩壊くん）の試験体の1階平面図を示している。この模型は中学生や市民がレゴブロックのように自分で組み立てることができるように、柱梁接合部は木ねじや接着剤で固定せず面ファスナーを使用し何度でも復元できるように工夫している。本論では、1章の序文でも述べたように、面ファスナーの磨耗を減少させ、地震力に十分耐えられるために、引張せん断強さ $7.3\text{N/cm}^2$ <sup>1)</sup>から $16.2\text{N/cm}^2$ の面ファスナー<sup>3)</sup>を採用し、また、柱脚にはポスターを掲示する場合用いる弾力性のある両面テープと面ファスナーを併用

\*建築学科

した。図2の崩壊模型は、図1の健全模型の西側の壁のみを配置する模型である。写真2に、健全くん、崩壊くんの試験体全景を示す。なお、2階は1階とほぼ同様の柱割りで構成しているが、紙面の関係上省略する。



写真1 木造住宅の倒壊状況<sup>2)</sup>

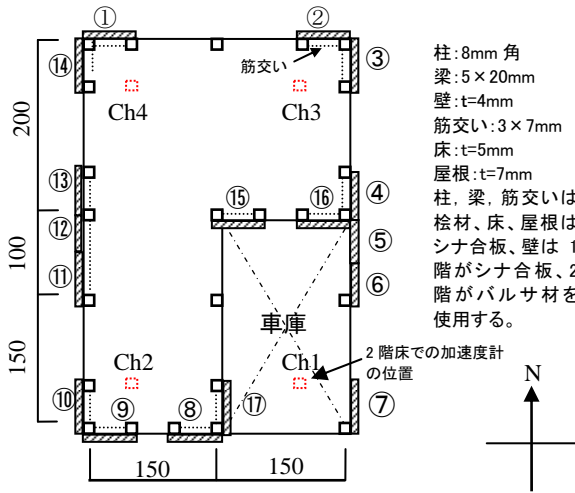


図1 健全模型試験体(健全くん)

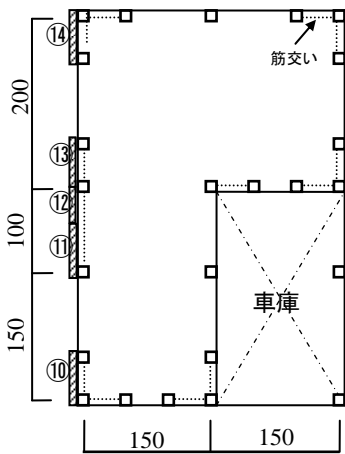


図2 崩壊模型試験体(崩壊くん)



(a) 健全くん (b) 崩壊くん

写真2 耐震木造模型

崩壊模型の基礎部に文献4)で開発した鋼球と円弧支承で構成する転がり免震装置を設置した転がり免震模型(以下、免震くん)を写真3に示す。



写真3 転がり免震模型(免震くん)

### 3. 振動台実験と計測システムの概要

#### 3.1 実験概要

本論では、まず木造模型の固有周期を計測するために、2章で説明した健全、崩壊模型に対してスweep試験を実施する。次に、3体の模型に対して2方向加振実験を行い、耐力壁の配置により、地震時にどのような挙動を示すかを確認する。その実験の様子をビデオカメラで撮影し、防災学習用DVD教材を製作する。実験時には、全ての模型とも2階床の重心に錘2.6kg(実際の木造住宅の積載荷重の32%)を設置している。

実験に用いる入力地震動は、新潟県中越地震小千谷市で観測された加速度波形の60%とする。図3には、南北及び東西方向の加速度波形を描いている。

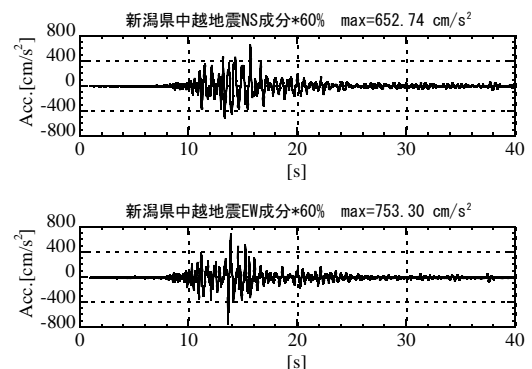


図3 入力加振波(新潟県中越地震小千谷市の60%)

3-2 計測システム

本計測システムは、超小型加速度計で地震時の応答を計測し、超小型データロガを介してパソコンに取り込むシステムである。計測器の仕様及び計測システムの概念図を表1及び図4に示す。表中の備考に計測位置を示しているが、図1のch番号の位置を参照されたい。

表1 計測器の概要(2階床)

|      | 最大出力                  | 周波数      | ch | 備考 |
|------|-----------------------|----------|----|----|
| 加速度計 | 5000cm/s <sup>2</sup> | DC~130Hz | 1  | 南東 |
|      |                       |          | 2  | 南西 |
|      |                       |          | 3  | 北東 |
|      |                       |          | 4  | 北西 |

注) ch はチャンネル番号を示す

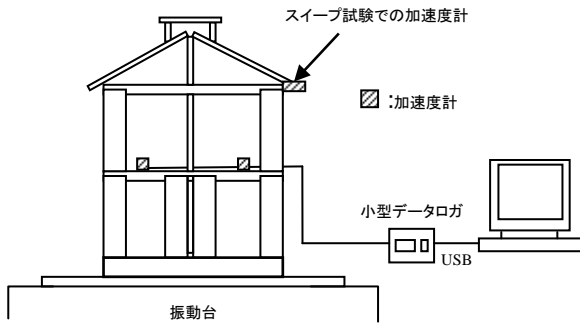


図4 計測システム

4. 実験結果

4-1 スイープ加振試験

加振波の振動数を0.5~30Hzまで時々刻々変動させた場合の振動台の加速度応答に対する屋根(軒先)でのそれとの伝達関数を計算し計測する。試験の結果、健全、崩壊模型の1次固有振動数は6.06Hz(0.165秒)、4.04Hz(0.247秒)であり、健全模型は実際の木造住宅より少し短いと思われる。これは、本論の模型では仕上材を設置していないためと考えている。崩壊模型は、模型内の耐力壁を削除することによって、かなり固有周期が伸びることが判る。

4-2 2方向加振実験

図5には、健全、崩壊、免震模型での2階床の南東側(図1を参照)で計測した東西方向の絶対加速度応答の時刻歴を示している。図5より、健全模型では、ビルトイン住宅内で振れ振動は発生しているが倒壊するところに至っていないが、崩壊模型では、加振18秒後に1階の北東の柱頭、耐力壁(②と③)の面ファスナーがはずれ、南東方向に振れ運動が発

生し、22秒付近で倒壊していることが判る。また22秒以降、正側に応答が残留していることが判る。これは、倒壊後、試験体が傾いたまま、計測しているためと考えている。免震模型では、全く地震力が上部模型に伝達されず、崩壊模型の最大加速度の1/20以下であることが判る。

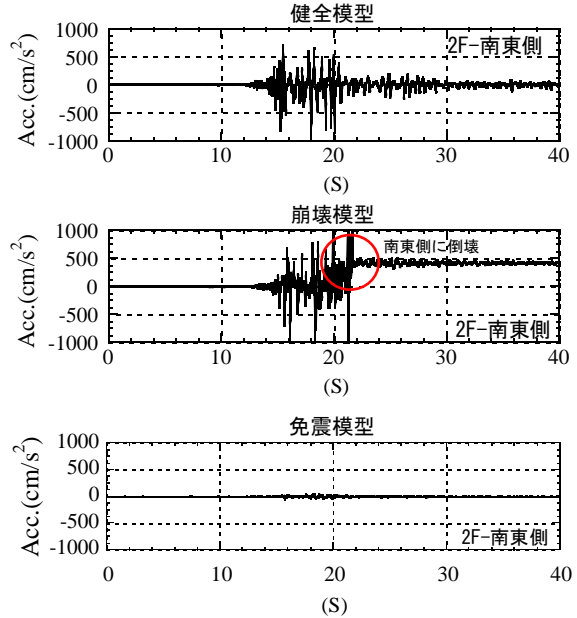


図5 2階床の絶対加速度応答の時刻歴

次に、実際の木造住宅の倒壊の様子を見ると寝室内の家具の配置、リビングの食器棚の配置による質量偏心が問題になると考えられる。図6は、2階床に設置した3ケースの錘(偏心)の位置を示している。

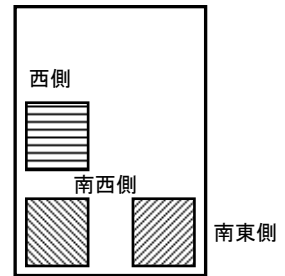


図6 2階床の錘の位置

図7には、崩壊模型に対して、図6に示す南東側、南西側、西側に錘を設置し、図5と同様に新潟県中越地震での2階床の南東側(Ch1)で計測した絶対加速度応答の時刻歴を示している。図7より、ビルトイン車庫上に錘を配置する南東側偏心では、図1に示す⑦番の柱が負担するせん断力が大きくなり、⑦、⑯番の柱頭の面ファスナーははずれ、南側に倒壊した。南西側偏心の場合、南側の柱が負担するせん断力が大きく、南東側偏心と同じように、南側に倒壊した。一方、西側偏心の場合、⑪~⑬番の柱に作用するせん断力が大きく、南東側に振れ偏心を誘発する模型でも、錘を偏心させることにより西側に

倒壊することが実験から得られた。

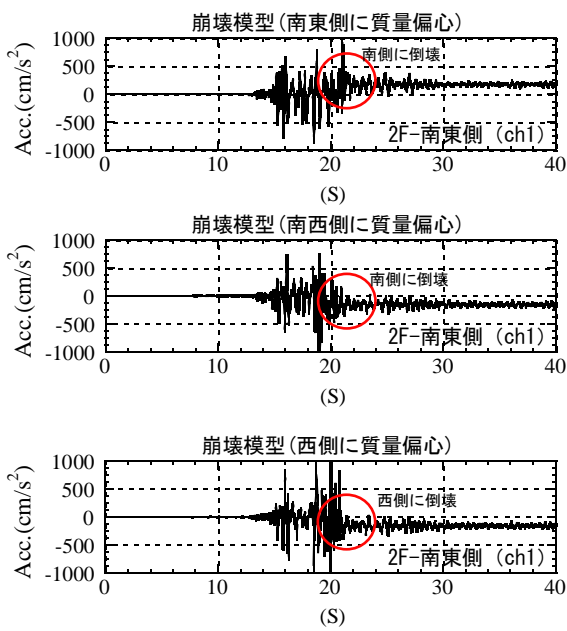
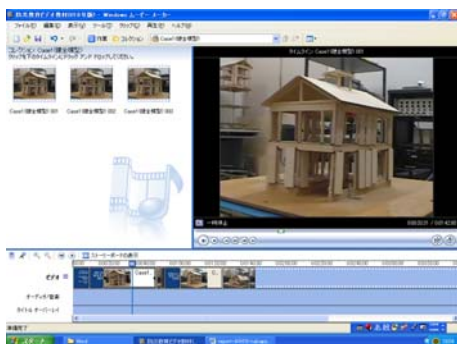


図7 2階床の絶対加速度応答の時刻歴  
(質量偏心による実験結果)

次に、図5に示した健全、崩壊、免震模型での実験の様子をビデオカメラで撮影し、写真4に示す防災学習用DVD教材「大地震時の木造住宅の振動実験」を製作した。

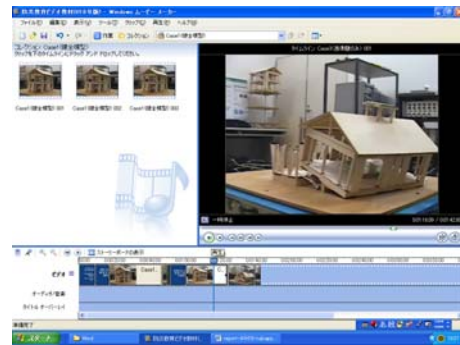


(a) タイトル



(b) 健全くんの振動実験

写真4 防災学習用DVD教材



(c) 崩壊くんの振動実験



(d) 免震くんの振動実験

写真4 防災学習用DVD教材(Continued)

## 5. 防災学習用木造模型教材の実践

本論で開発した防災学習用教材を平成18年2月に、明石、加古川、高砂市内の建築関係の仕事に従事している市民の方を対象にした講演「安全、安心な住まいを得るための新しい手段」や18年12月、明石市立大蔵中学校3年生177名、19年6月、加古川市立両荘中学校1年生77名を対象にした防災学習「身近な防災～自分の部屋の危険度チェック」に適用した。講義の内容は、受講生の知識力に応じて考慮しているが、中学生の場合、以下の4項目について講演している。

- (1)地震はなぜ発生するのか？(地震の顔)
- (2)兵庫県南部地震、新潟県中越地震での被害
- (3)明石高専で開発した木造模型教材の説明
- (4)自分の部屋の危険度チェック

(4)の項目は、受講生が実際に自分の部屋をスケッチし、危険かどうか受講生全員で検討する。

写真5に明石市大蔵中学校での防災学習の様子、写真6に加古川市立両荘中学校での「自分の部屋の危険度チェック」の生徒の作業風景を示す。写真5、6より、中学生は地震を身近な存在と理解し、熱心に聞いてくれていたように思える。

市民、中学生への防災学習の最後にアンケートを実施し、防災学習の改善点を把握することに役立て



ている。アンケートでは、以下の6項目について調査を行っている。

- ① 対象年齢、学年、性別は？
- ② 本日の防災学習はどうでしたか？
- ③ 地震には色々な顔を持っていることを知っていましたか？
- ④ 地震に強い建物には色々あることを知っていましたか？
- ⑤ 健全くん、崩壊くん、免震くんはどうでしたか？（自由記述）
- ⑥ 自分の部屋の危険度チェックはどうでしたか？

本論では、紙面関係上、加古川市立両荘中学校でのアンケート結果、①、②、⑤の項目について報告する。



写真5 明石市立大蔵中学校の防災学習の様子



写真6 加古川市立両荘中学校の防災学習の様子

表2は項目①の性別を、表3は項目②の防災学習の評価を、表4は、本論で開発した「健全くん、崩壊くん、免震くん」に対する自由記述を示している。

表2 受講生の男女の割合(項目①)

| 中学1年生 | 人数 | 比率 (%) |
|-------|----|--------|
| 男性    | 41 | 53.2   |
| 女性    | 36 | 46.8   |
| 合計    | 77 | 100.0  |

表3 本日の防災学習の評価(項目②)

|         | 回答数 | 比率 (%) |
|---------|-----|--------|
| 面白かった   | 45  | 58.4   |
| 普通      | 31  | 40.3   |
| 面白くなかった | 1   | 1.3    |

表4 健全くん、崩壊くん、免震くんの評価(項目⑤)

| 自由記述                    | 回答数 | 比率 (%) |
|-------------------------|-----|--------|
| 免震くんはすごい、免震くんのような家に住みたい | 31  | 44.9   |
| 3種類の模型がどのように動くのか理解できた   | 17  | 24.6   |
| 判りやすくてよい                | 15  | 21.7   |
| 崩壊くんの家には住みたくない          | 1   | 1.5    |
| 崩壊くんの倒壊する様子がすごかった       | 2   | 2.9    |
| 防災学習教材の名前がおもしろい         | 2   | 2.9    |
| 良い実験をしていると思いました         | 1   | 1.5    |

表3より、防災学習の評価については58.4%が面白いという評価で満足している。また、表4より木造模型教材、特に免震くんに対する評価は高く、中学生に免震構造の素晴らしさ、効果を理解してもらえたと思う。中学生以外の市民講演の場合では、アンケート結果は異なることが予想され、今後もアンケートを実施し防災学習の改善に利用したいと思う。

## 6. 結語

1995年の兵庫県南部地震以後、12年が経過した今、既存建物の耐震化促進及び市民の防災意識を再確認することは重要である。本論では、1階に車庫をもつ木造住宅の模型実験を行い、その耐震性の弱さを指摘した。実験結果から軽々に結論を述べることはできないが、それらが示す幾つかの工学的知見を述べる。

- (1) 木造模型の柱、梁接合部に面ファスナーを用いることで中学生や市民が簡単に製作、復元できる防災学習用木造模型・DVD教材を開発した。
- (2) 健全模型のように最低限の耐力壁、筋交いを配置することで新潟県中越地震の60%加振では倒壊しない。一方、現実にはない捩れを誘発する崩壊模型では、車庫側に倒壊した。崩壊模型を免震化することで全く地震力が上階に伝達されない結果が得られた。
- (3) 本論で開発した防災学習用木造模型教材及びDVD教材を中学生や市民の防災学習に適用した結果、多くの方に耐震構造と免震構造の地震時の挙動の違いを理解して頂いた。

なお、中学生、市民への防災学習を積極的に行い、地震から身を守る身近な防災の普及に努めたいと思う。また、この防災学習教材は、平成 19 年 12 月に神戸市西区の兵庫県立神戸高等技術専門学院の公開講座「身近な防災～我が家の耐震チェック」(NHK 神戸放送局、兵庫県建築士会明石支部、明石高専、兵庫県立神戸高等専門学院の共同事業)、及び平成 20 年 1 月に加古郡稲美町の天満東小学校の防災学習「地震と防災のおはなし」で適用する予定である。

### 謝辞

本研究の実施に際し、18 年度の明石高専教育研究支援経費・個人プロジェクト「小中学生及び市民を対象にした防災教育教材の開発」(研究代表者：中川肇)の補助を受けました。また、防災学習に参加して頂きました明石市立大蔵中学校、加古川市立両荘中学校、明石、加古川市内の市民の皆さんに深く謝意を表します。

なお、本論の木造模型教材の製作は、明石高専 16 年～18 年度卒業生、黒澤和輝君(現、大阪ガス)、長嶋隆一君(現、鹿児島大学)、太田浩亮君(現、JR 東海)、新田剛士君(現、豊橋技術科学大学)によるもので感謝の意を表します。

### 参考文献

- 1) 中川肇、長嶋隆一：防災意識向上のための木造模型教材の開発、明石工業高等専門学校研究紀要、第 49 号、pp.103-107 (2006)
- 2) 新潟県中越地震朝日新聞報道 (2004)
- 3) クレラファスニング(株) 面ファスナーに関する実験データ
- 4) 中川肇、黒澤和輝、井岡満：転がり免震模型の振動台実験、明石工業高等専門学校研究紀要、第 48 号、pp.96-99 (2005)