

## 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3) 木造倒壊実験教材

振動実験                      模型                      Eラーニング  
耐震化                        教育                        防災意識啓発

正会員    ○花井 勉\*                      同 福和伸夫\*\*  
同                      石井 涉\*\*\*                      同 鶴田庸介\*\*\*\*  
同                      倉田和己\*\*\*\*                      同 原 徹夫\*\*\*\*\*

### 1. はじめに

これまでに紹介してきた実験教材は、地震後に見られる建物の被害状況と実験での動きが直接結びつかない点が問題であった。(その3)では木造住宅の構造的な不備がどのような地震被害に直結するかを実感してもらえよう開発された木造倒壊実験教材「木造倒壊ぶるる」を紹介する。

### 2. 木造倒壊ぶるるの概要

この教材は次の3つの目標を掲げて試作した。1) 木造住宅の代表的な地震被害現象をなるべく正確に再現できること、2) 様々な構造的要因による揺れ方・壊れ方が簡単に比較・説明できること、3) 持ち運び可能で、1回に数パターンの実演が可能なこと、の3つである。

これらの点を考慮して、建物模型は間口2間、奥行き3間の2階建て在来軸組み構法の建物を想定して、縮尺比10分の1の木製模型とした。構造特性の異なる2棟を台車振動台の上に併設し、説明者が台車を加振して実演する形態とした。過去の木造家屋の地震被害及び実大木造建物の倒壊実験<sup>1)</sup>などを参考に、壊れる主要因を接合部に特定し、部材、接合に強弱をつけた仕様としている。なお、縮尺による相似則に従うと実物の固有周期 $T$ より模型の固有周期 $T'$ が短くなり( $T'=T/\sqrt{10}$ )揺れを実感しにくいことから、接合部の剛性を調整することにより時間軸をそろえている( $T' \approx T$ )。さらに組み建てが容易なよう各接合部には工夫を施した。表1には主な仕様を示す。

表1 木造倒壊ぶるる仕様

通し柱：バルサ	梁：ヒノキ
管柱：ヒノキ	基礎：タモ
柱ほぞ：プラスチック棒 (軟質スチロール樹脂)	3つ割筋かい：ヒノキ 筋かい端部：梁短ほぞ
間柱、まぐさ：ヒノキ	接合金物：マジックテープ
床：MDF5.5mm	重い屋根：桐板6mm
地盤：MDF15mm	軽い屋根：スチレンペーパー6mm
軟弱地盤：ウレタン樹脂	
構造用合板：3mm合板隅止め	仕口部ダンパー：金物+粗面用両面テープ
木摺り：バルサ1mm	
振動台：台車+加振棒	積載荷重：鉛1kgf×2

### 3. 模型の構造特性

間口方向の1,2階に、それぞれ4組のたすき掛け筋かいを入れた模型を対象に静的載荷実験と振動実験を実施し、基本的な構造特性を把握した。静的載荷実験では、バネばかりで建物を水平に引っ張った実験を、振動実験では、地盤及び2階床に地震計を設置して振動台を水平加振した。その結果、1階の復元力特性は図1のように、模型の固有周期は表2のように把握することができた。これらの結果は、外内装材のない木造住宅の特性に比較的近い値となっている。

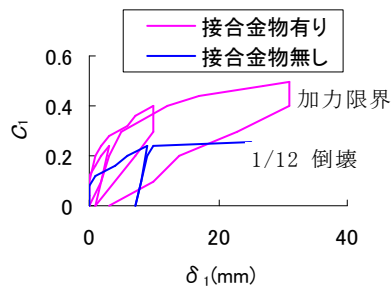


図1 1階の復元力特性

表2 模型固有周期

加振	接合金物有り	接合金物無し
小	0.21s	0.11s
大	0.56s	0.61s

### 4. 主な実験メニュー

「木造倒壊ぶるる」を用いた主な実験メニューを表3に一覧する。それぞれの補強項目ごとの揺れ方の違い、壊れ方の違いが如実に現れ、臨場感あふれる音と共に、極めて高い啓発効果を持っている。また、加振振幅や加振周期による応答の違いも説明できる。実験を補足するために、表3の映像を中心にナレーション付きのビデオ映像をまとめ、「模型実験による木造住宅耐震化対策のポイント」と題した防災教材ビデオも同時に作成した。ビデオ映像によるクローズUP映像やスロー再生映像を併用することで学習効果を高めることができる。

本教材を活用するためのパワーポイント説明ファイルも作成してあり、ビデオ映像とパワーポイント教材をDVDに格納し、防災リーダーや木造耐震診断士に利用してもらえようとした。また、模型に地震計、変位計を設置することで、加振から分析、事象説明までを行うことができるので、大学等での講義・実験実習にも有効に活用できる。

## 5. まとめ

その3では「木造倒壊ぶるる」の概要および主な実験メニューを紹介した。耐震補強の項目毎にその効果を実証でき、地震が起こる前の状態から地震が起こった時、及び起こった後の状況がイメージできるようになる。このイメージが建物の耐震化促進に大きく貢献するものと期待している。この実験映像からビデオ教材と解説用パ

ワーポイント教材を作成しているが、今後ともよりよい教材となるよう改良を続けていく所存である。

### 参考文献

- 1) 坂本 功、他：既存木造住宅の耐震性向上に関する総合的研究 その1～14, 日本建築学会大会学術講演梗概集,C-1, pp. 199-225, 2003.9
- 2) <http://www.sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp/laboFT/bururu>

表3 実験パターン

パターン	内容	パターン	内容
①筋かいの有無 	A棟：筋かい有り B棟：筋かい無し 少しの揺れでB棟は大きく傾く。モルタルの剥がれた木摺り外壁はほとんど揺れに抵抗しない。	②接合金物の有無 	A棟：接合金物有り B棟：接合金物無し B棟は筋かいに突き上げられた柱がはずれ、接合部材が離散し全体崩壊する。
③平面バランスの良し悪し 	A棟：偏心無し B棟：1階偏心有り 接合金物はついていても、B棟の開口の多い1階が耐力不足で大きく振幅し、通し柱が折れ損じられるように1階が倒壊する。	④上下バランスの良し悪し 	A棟：1,2階合板有り B棟：2階のみ合板有り B棟は剛性バランスにより1階に損傷が集中する。A棟は開口部の上下にも合板を入れることでバランスを保っている。
⑤制震補強 	A棟：仕口部ダンパー有り B棟：仕口部ダンパー無し 各階柱頭部6箇所に取り付けた仕口部ダンパーのエネルギー吸収により、A棟は振幅が小さく、揺れの収束も早い。	⑥屋根の軽重 	A棟：軽い屋根 B棟：重い屋根 A棟は屋根を軽くすることで慣性力が軽減され、少ない筋かい量でも損傷はほとんどない。
⑦基礎の良し悪し 	A棟：基礎緊結 B棟：基礎接合無し B棟はアンカーボルトが機能せず建物はロッキングし、隅角部より基礎が崩れ、建物が放り出される。	⑧地盤の良し悪し 	A棟：固い地盤 B棟：軟弱地盤 B棟は軟弱地盤で入力が増幅され上部架構の損傷が大きくなる。地盤との相互作用（ロッキング）現象も見られる。
⑨家具の補強 	A棟：金物による固定 B棟：固定無し B棟の家具は地震動の早期に折り重なって倒れ、床位置のカメラから逃げる間もないことを実感する。	⑩ブロック塀の補強 	A壁：鉄筋、控え壁有り B壁：補強無し B壁は慣性力により曲げモーメントの大きくなる根元から倒壊する。

\* 日本システム設計 取締役・工博  
 \*\* 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・工博  
 \*\*\* 日本システム設計  
 \*\*\*\* 名古屋大学大学院環境学研究科 大学院生  
 \*\*\*\*\* 応用地震計測 取締役

\* Director, Nihon System Sekkei Co.,Ltd., Dr. Eng.  
 \*\* Prof., Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ., Dr. Eng.  
 \*\*\* Nihon System Sekkei Co.,Ltd.  
 \*\*\*\* Grad. Student, Grad. School of Environmental Studies, Nagoya Univ.  
 \*\*\*\*\* Director, OYO-SI Co.,Ltd.