

木造住宅の倒壊実験

—Eーディフェンス—



流動研究員 箕輪 親宏

木造住宅の倒壊実験を平成17年10月と11月にEーディフェンスで行いました。この実験は平成14年から5ヵ年計画で始まった文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」の研究課題「木造建物実験」の一環として行なわれました。この研究課題の中で「免震住宅」「伝統木造住宅」「移築住宅補強・無補強」の3種の実験を行いました。「免震住宅」の実験では免震特性を調べた後、免震機構を効かなくし、免震層上部の木造住宅の倒壊実験を行いました。「伝統木造住宅」の実験では京都の古い町家ならびにほぼ同型の新築町家の耐震性能を調べました。「移築住宅補強・無補強」の実験では明石市の海岸近くに昭和49年に同じ設計仕様で建てられた住宅2棟をEーディフェンスに分解移築し、1棟を補強し、別の1棟は補強せずに震動台に載せ、倒壊するまで実験し、補強効果を調べました。

免震住宅の実験

平成17年1月にEーディフェンスの完成式が行われ、このとき木造住宅の震動台実験が披露されました。このときは阪神大震災神戸海洋気象台記録波で実験しましたが、木造住宅の損傷は外壁に亀裂が入る程度でしたので、こ

の木造住宅を使って更に実験することを考えました。

この木造住宅は免震住宅として作られていましたので、完成式実験の損傷修復後の振動特性を調べた後に、免震性能を調べる実験を行いました。この実験の入力波として、昨年2004年10月に起こった中越地震における川口町の気象庁の記録を使い、実験しました。このとき、図1の架台と基礎の間の免震層は60cm以上動きましたが、木造住宅には損傷はみられませんでした。

木造住宅の倒壊実験

次に免震層を固定し、普通の木造住宅として、この木造試験体の耐震限界をみるための実験を行いました。まず、阪神大震災で震度6の地域で記録された神戸海洋気象台の波形を3方向で入力しましたが、倒壊せず、木造住宅の損傷は1月の完成式のときのそれとほぼ同じでした。次に震度7の地域で記録されたJR鷹取駅の波形を3方向で入力しました。この加振で図2のように1階の壁が剥がれ落ちましたが残留変形はほとんどみられませんでした。引き続き同じ波形で加振すると図3のように破損が進み、残留変形が大きくなりましたが、倒壊は免れました。結局、この波形の3回目の加振で図4の



図1 免震住宅



図2 J R 鷹取 1 回目の破損



図3 J R 鷹取 2 回目の破損



図4 J R 鷹取 3 回目の加振で倒壊

通り倒壊しました。この木造住宅は現在の耐震設計で建設された住宅です。この実験から現在の耐震設計法で建設された木造住宅に阪神大震災クラスの震度7が襲来すると、壁が破損し落ちるような被害が生じるが、倒壊することは無く、同じ震度7を更に受けると倒壊する恐れがあると推定されます。

伝統木造住宅の実験

「伝統木造住宅」の実験では昭和7年に京都に建られた町家と、これとほぼ同型の新築町家の計2棟を図5のように同時に震動台に載せ、設計用地震波と阪神大震災神戸海洋気象台の3方向の記録波を用い耐震性を調べました。



図5 伝統木造住宅の実験

壁が落ち、束がずれましたが、震度6に京町家が耐えることが確かめられました。倒壊はさせませんでした。

図5の中央の鉄骨フレームは変位計測のために設置されたものです。

移築住宅補強・無補強の実験

平成14年に大都市大震災軽減化特別プロジェクトの木造建物実験の研究計画を立てました。この時、新耐震設計法が施行される昭和56年以前の住宅をE-ディフェンスに2棟移築し、一方を耐震補強し、同時に揺らし、耐震補強の効果を確認するテーマを設定しま

した。この実験はこのテーマに従ったものです。

平成17年2月、兵庫県内および近傍で築20年から50年の木造住宅の提供を募りましたところ、ほぼ200件の応募がありました。この中から移築工事のための作業スペースを確保できる見通しがあり、ほぼ同一仕様、同一建設年の2棟を選定しました。選定された物件は、兵庫県明石市に昭和49年に建設された在来木造軸組構法2階建て住宅2棟です。外観を図6に示します。一部に軽微な改修等があるものの、両住宅（A棟、B棟と呼ぶことにします）はほぼ同じ間取りです。この建設年代の典型



図6 移築される明石市の住宅2棟



図7 移築作業

的な木造住宅のひとつといえます。この住宅を各々4つに分割し、Eーディフェンスに移築しました。

この住宅を耐震診断すると最も弱い1階桁行方向でA棟が必要耐力約50KNに対し保有耐力約22KN、B棟が必要耐力約50KNに対し保有耐力約15KNでした。そこでB棟を耐震補強することにしました。ごく一般的に筋交いと構造用合板の補強で、接合部には金

物を使うことにしました。これは昨年改訂された「木造住宅の耐震診断と補強方法」(国土交通省住宅局監修、日本建築防災協会発行)に基づくものです。補強の場所を図8に示します。これによりB棟1階桁行方向の保有耐力は約79KNに上がり、保有耐力と必要耐力の比は1.57と、一般的な耐震補強の比率になりました。なおA、B両棟とも屋根重量約11t、2階重量約15tです。

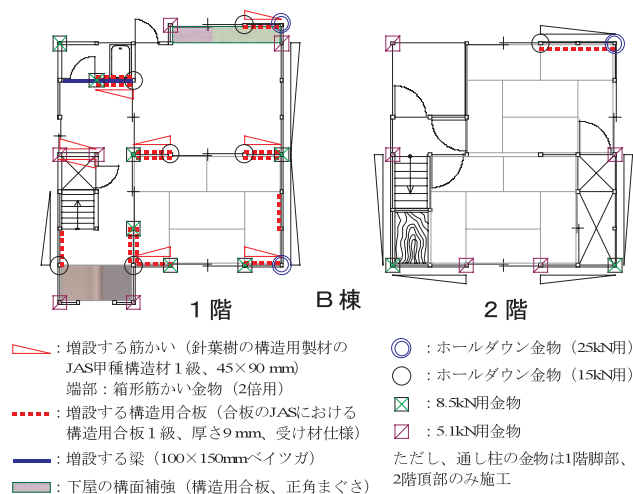


図8 補強場所



図9 震動台上の移築住宅補強住宅と無補強住宅

このA棟、B棟を震動台に図9の通り設置しました。実験には「木造住宅の倒壊実験」のところで述べたJ R 鷹取の3方向の波を使いました。この入力に用いた加速度波形を図10に示します。

実験に先立ち、コンピュータシミュレーションを行いました。コンピュータに入力する建物の力学的数値は過去3年間に準備実験として行ってきた木造フレームの振動台倒壊実験から推定した値を使いました。計算結果は入力

振幅、建物重さを換えると変わります。図11にコンピュータシミュレーションの図を示します。このコンピュータシミュレーションからこの入力波でA棟が倒壊し、B棟が残るだろうとの推定結果を得ました。しかし、実験担当者は皆、最後までシナリオ通りになるか不安を抱いて実験に臨みました。

実験ではコンピュータシミュレーションの通り、無補強のA棟がB棟の方向に倒れました。その後、補強した

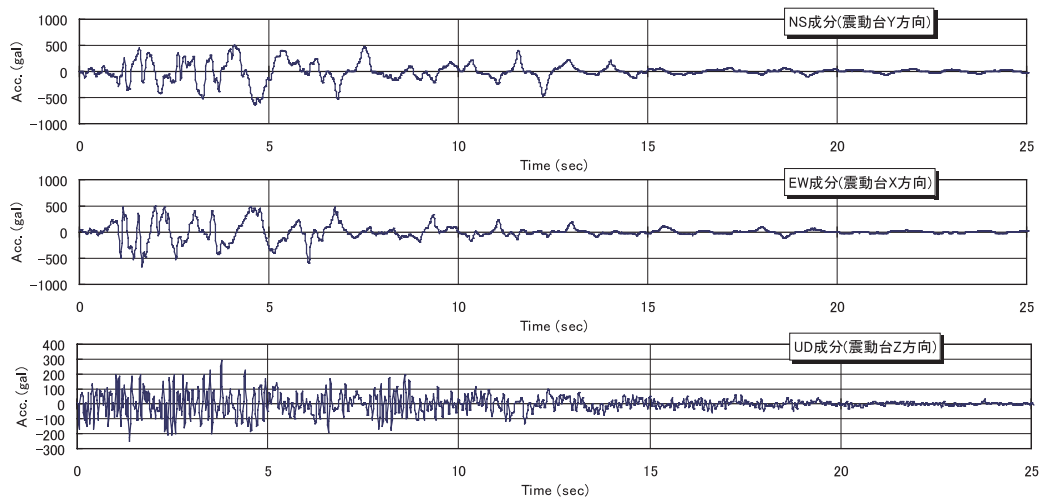


図10 震動台の入力に用いたJ R 鷹取波の3方向の加速度



B棟（補強）



A棟（無補強）

図11 事前説明会で見たコンピュータシミュレーション



図12 実験で倒壊する無補強のA棟

住宅B棟を先の実験の60%の大きさに加振しましたが、被害が大きく進むことはなく、次に100%で加振して倒壊させました。崩壊型はA棟と同じでした。

このE-ディフェンスの震度7の3方向地震動再現実験により、現在、用いられている耐震診断と耐震補強が有効であることが確かめられました。

この実験は東京大学、京都大学、信州大学、東京電機大学、建築研究所、国土交通省国土技術政策総合研究所、森林総合研究所、日本システム設計等と共同で実施されました。協力して頂いた多くの方々に深く感謝する次第です。