

地震動の破壊力を測るための簡易木造試験体の開発 Development of simple wooden house specimen to measure destructive power of strong ground motions

○境有紀・江本健太・汐満将史・五十田博・江口直希

○Yuki SAKAI・Kenta EMOTO・Masashi SHIOMITSU・Hiroshi ISODA・Naoki EGUCHI

We developed a simple 1-story box type wooden specimen to measure destructive power of strong ground motions. The specimen was designed according to the static test results of walls, frames and non-structural members. The weight of dynamic shaking table test specimen was decided so that the base shear coefficient is about 0.2 and the time interval of input strong motions was corrected considering the difference of the natural period of 1 and 2-story wooden houses. We confirmed that this specimen could reproduce the actual damage.

1. はじめに

将来発生する地震動が木造建物にどの程度の被害を引き起こすか、即ち、地震動の破壊力を測る方法として、実大在来木造建物（以下、木造建物）を使った振動実験が有効であるが、多大な費用と労力がかかる。様々な被害関数も提案されているが、過去の強震記録と被害データに基づいたものであり、将来これまでにない性質をもった地震動が発生すれば、被害予測を誤る可能性がある。地震応答解析によって求める方法も開発されているが、非構造部材の影響や復元力特性モデルにおける繰り返し特性など未だに不明な点も多い。

そこで、将来発生し得るこれまでにない性質をもった地震動の破壊力を測る手段として、実大木造建物の挙動を再現できる簡易試験体の開発を行った。

2. 目標とする耐震性能

今回の試験体は、大地震で被害を受ける日本に存在する木造建物の中でも耐震性能が低い建物を想定し、木造建物の平均的な降伏ベースシア係数 C_y の分布¹⁾（降伏点剛性低下率 α_y は 0.25 とした）における、累積確率の下位 5% を目標と定めた結果、 $C_y=0.2$ とした。そこ

で、 $C_y=0.2$ となる試験体を作成するために、静的実験を行い、性能を把握した後、振動実験を行う際の付加重量を設定し、振動実験を行った。

3. 静的実験

試験体は図 1 に示す幅 4000mm、高さ 2910mm の構面で、軸組のみが 1 体（試験体名：FR）、壁を 2 ヶ所に配置したものを 2 体（試験体名：WL、WL-BR）作成し、配置した壁は WL がサイディングおよび石膏ボード、WL-BR がサイディング・石膏ボードおよび三ツ割筋かいとなっている。

次に、振動実験の試験体の性能を把握するために、静的実験の結果を加算した。ここで、振動実験の試験体は全 3 構面のため、FR を 2 構面、WL もしくは WL-BR を 1 構面用いることとし、それぞれを加算した性能を比較した（図 2）。ここでは、最低限の筋かいが入っている建物を想定し、振動実験の試験体は②の FR を 2 構面・WL-BR を 1 構面用いることとした。

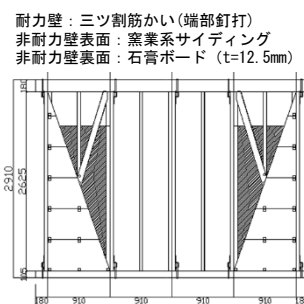


図 1 試験体立面図
(WL-BR)

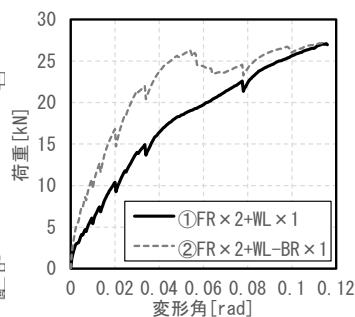


図 2 静的実験結果
の加算

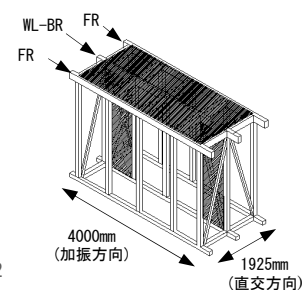


図 3 振動実験試験体
鳥瞰図

4. 振動実験

振動実験の試験体は、図 3 に示す加振方向 4000mm、直交方向 1925mm の 1 層の箱型試験体とし、外側に静的実験の FR、内側に WL-BR を配置した。試験体に付加する重量は、静的実験の荷重を加算（この際、 P/Δ 効果を考慮した）し、総重量で割ったものが 1/120rad 時で $C_y=0.2$ となるよう、合計 4ton の錘を天井に配置した。

入力地震動の加振スケジュールと加速度応答スペクトルをそれぞれ表 1、図 4 に示す。なお、本研究では 2 層を 1 層に縮約しているため、1 層と 2 層の周期の違いを補正するために、地震動の時間軸を 0.91 倍に縮小した。既存の建物は大地震を受ける前に中小地震を経験していると考え、2003 年宮城県沖の地震の JMA 大船渡を震度 5 強程度となるよう 50%に縮小したものを入力した後、震度 6 強の大地震を入力した。具体的には周期 0.5 秒以下の極短周期が卓越した 2003 年十勝沖地震の K-NET 広尾 N50W 方向と、建物の大きな被害と相関がある周期 1-1.5 秒²⁾が卓越した 1995 年兵庫県南部地震の JR 鷹取 NS 方向の 2 種類を用いた。K-NET 広尾は震度 6 強であったが周辺に全壊といった大きな被害を受けた建物が見られていない一方、JR 鷹取は木造全壊率 59.4%と甚大な被害が生じている。なお、大地震入力前の損傷レベルを揃えるために、K-NET 広尾入力後に壁の交換といった試験体の復旧を行い、ステップ加振を行って復旧できていることを確認した。

実験結果として、大地震加振時のベースシア係数と変形角の関係を図 5 に示す。K-NET 広尾では、最大変形角は 0.01rad であり、サイディングの割れといった軽微な被害に留まった。JR 鷹取では、最大変形角は 0.25rad と非常に大きく、筋かいの座屈・折損が見られ、全壊程度の大きな被害となった。以上の結果は、実際の強震観測点周辺の被害状況と対応している。

次に、静的実験と振動実験の性能を比較した(図 6)。全体的に振動実験の方が大きく、振動実験の試験体のベースシア係数 C_y (1/120rad 時) は 0.26 と静的実験に対して 1.3 倍程度となった。この要因としては、鉛直荷重・試験方法・載荷速度の違いが考えられる。

表 1 加振スケジュール

加振番号	入力地震動
1	2003年宮城県沖の地震 JMA大船渡方向N40E 50%
2	2003年十勝沖地震 K-NET広尾N50W方向 100%
試験体の復旧	
3	2003年宮城県沖の地震 JMA大船渡方向N40E 50%
4	1995年兵庫県南部地震 JR鷹取NS方向 100%

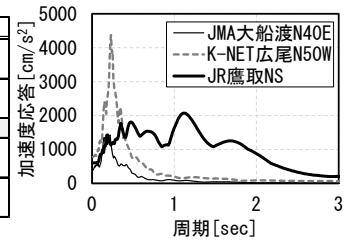


図 4 入力地震動の
加速度応答スペクトル
(h:5%)

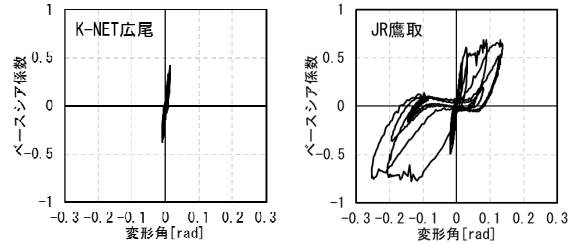


図 5 ベースシア係数と変形角の関係

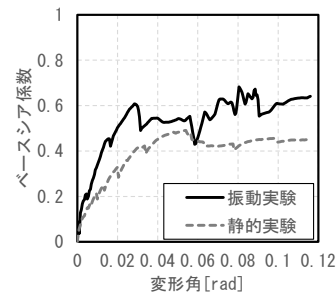


図 6 振動実験と
静的実験の加算値の比較

5. まとめ

地震動の破壊力を測るための一層箱型簡易木造試験体の開発を行った。まず静的試験を行ってその結果を重ね合わせ、想定するベースシア係数になるように錘の重量を調整、二層から一層になることによる周期を地震動の時間刻みを補正することで振動実験を行い、実際の被害を再現できることを確認した。

参考文献

- 1) 境有紀, 飯塚裕暁, 非線形地震応答解析による地震被害推定を目的とした平均的な木造建物群モデルの構築, 日本地震工学会論文集, 第 9 巻, 第 1 号, 32-45, 2009.2.
- 2) 境有紀, 2011 年東北地方太平洋沖地震で発生した地震動と建物被害の対応性—建物の大きな被害をより正確に推定する地震動強さ指標—, 日本建築学会構造系論文集, 第 683 号, 35-40.