

4) - 3 大地震を受けた木造建築物の継続使用性に関する研究

【持続可能】

Study on Post-earthquake Functional Use of Wooden Houses

(研究開発期間 令和元～3年度)

材料研究グループ 山崎 義弘
Dept. of Building Materials and Components Yamazaki Yoshihiro

Recently, not only damage protection of wooden houses against major earthquakes but also post-earthquake functional use have become important issues. In this research, seismic performance of structural components was investigated through static repeated cyclic loading tests, and the simulation method by numerical model was developed. Finally, necessary extra margin of wall amount to involve post-earthquake functional use was presented.

【研究開発の目的及び経過】

2016年熊本地震では多くの木造住宅が甚大な被害を受けたが、倒壊を免れることができても継続使用不能なレベルの損傷を被り、建て替えを余儀なくされた住宅もあった。来る大地震への対策として、基準法の最低限度の目標である倒壊防止を達成するだけでは、国民・社会の大規模な経済的損失を免れることはできない。

木造建築物の主たる耐震要素である耐力壁の性能は“壁倍率”によって規定されており、指針で定められた方法に基づく実験により壁倍率が評価される。しかし、その実験および評価法では、長時間の地震や複数回の地震を受けたときの挙動までは考慮しないため、地震後の継続使用性の定量的な評価は現状では難しい。

本研究課題では、木造建築物の被災後の継続使用性の評価に関し、構造性能に着目した技術的検討を行う。これにより、地震後の継続使用性を設計段階から考慮し、建築物所有者にとって信頼のできる性能基準を明示できるよう、必要な技術資料の提供を目的とする。

【研究開発の内容】

課題1) 告示仕様耐力壁および一般的なモーメント抵抗接合部の繰り返し載荷実験

継続使用性評価に必要なデータを取得するため、載荷履歴をパラメータとした静的繰り返し載荷実験を実施した。文献1で既に示されているデータを補完するため、本課題では、平成30年に新たに追加された壁倍率3.7の仕様（合板厚9mm以上、CN50釘@75mm以下）を満たす合板耐力壁（図1）、および鋼板挿入ドリフトピン式/引きボルト式によりモーメント抵抗接合部（図2）を対象とした。

課題2) 時刻歴解析用復元力特性モデルの開発

課題1) で得られた繰り返し挙動を数値解析により精

緻にシミュレートできるように、既往の復元力特性モデルに、繰り返し載荷による耐力劣化を表す係数を導入することで、新たな復元力特性モデルを開発した（図3）。

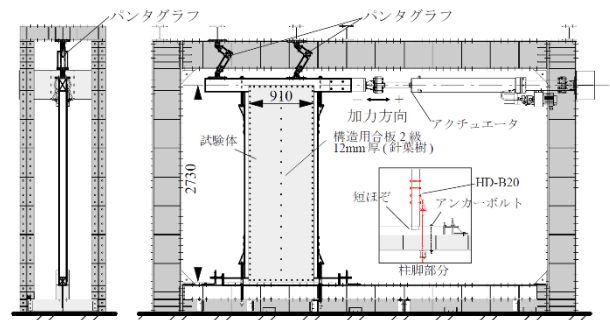
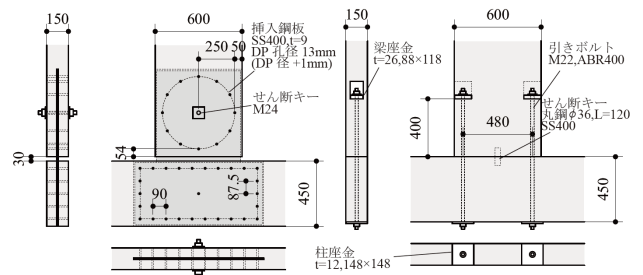


図1 合板耐力壁試験体とセットアップ状況



(a) 鋼板挿入ドリフトピン (b) 引きボルト
図2 モーメント抵抗接合部試験体

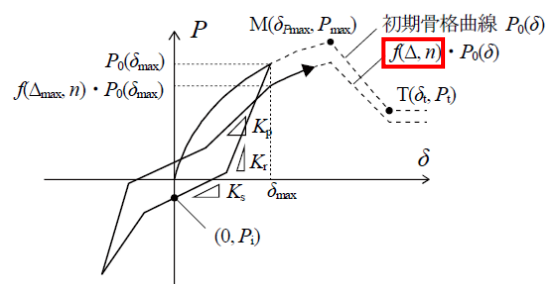


図3 開発した復元力特性モデル

課題3) 被災した木造建築物の継続使用性の検証

図4右のように入力倍率を α 倍に調節した地震動を2回続けて入力し、そこで得られる最大応答変形 δ_{max} が、入力倍率1の1回入力(図4左)のときの δ_{max} と同じになる α を時刻歴応答解析により収斂計算で求めた。この α を、一度地震を経験したことによる性能低下の多寡を表す指標とした。

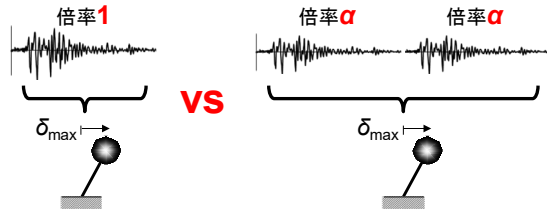


図4 一度地震を経験したことによる性能低下の影響の検討方法

【研究開発の結果】

課題1)

合板耐力壁について、荷重—変形角関係の包絡線が載荷履歴に大きく影響を受け、サイクル数が多くなるにつれて、特に大変形時に包絡線が下方に遷移する傾向がみられた(図5)。

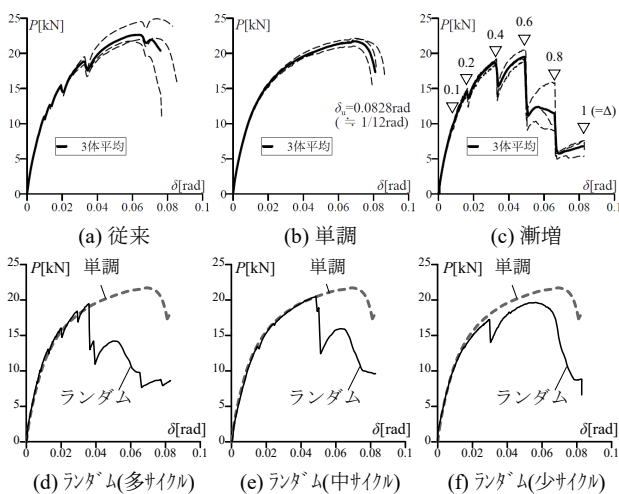


図5 合板耐力壁の荷重—変形角関係の正側包絡線

課題2), 3)

開発した時刻歴応答解析用復元力特性モデルを用い、壁量の余裕度が大地震時の最大応答におよぼす影響を調査した。筋かい壁や合板壁をもつ木造住宅を想定し、建築基準法施行令第46条第4項で求められる最低限の壁量をもつ一質点系モデルの時刻歴応答解析を実施した。

壁量ごとの最大応答変形 δ_{max} の35波平均値のみ抽出し、それぞれの終局変形 δ_u で基準化した値(Δ とする。倒壊までの変形余裕度に相当)を整理すると図6左のようになる。壁量1倍で終局変形に達する壁量を基準とす

ると、壁量比 n の変形は $1/n^2 \sim 1/n^{1.5}$ 程度であると言える($n=1 \sim 2$)。

次に、目標の $\Delta(=1, 0.8, 0.6, 0.4, 0.2)$ 、ただし合板($t=12\text{mm}$)は0.81を乗じた値となるように地震動の倍率を調整し、それぞれの Δ に対応する α を求めた(図6右)。 Δ が小さくなるほど α は大きくなるが、その変化は鈍い。 $\Delta=1$ (終局変形時)の α を控え目に0.8と考えると、2回の地震入力に対しても終局変形を超えないためには、 $1/0.8=1.25$ 倍の壁量を確保しておくといえる。また、 Δ を0.4程度以下とすれば、 α が上昇する、すなわち一度地震を経験したことによる性能低下を小さくし、継続使用性が高まる兆候が表れる。 $\Delta=0.4$ とは、壁量比1.5倍程度のとくと読み取ることができる。

以上のように、繰り返しの地震に対する倒壊までの余裕度の確保、および地震後の継続使用性の向上のため、目標とする変形クライテリアや確保すべき壁量を示した。

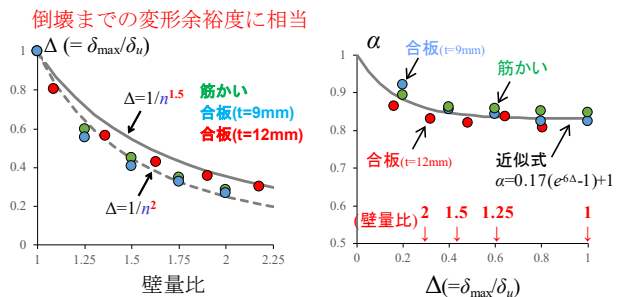


図6 時刻歴応答解析結果(左:壁量の余裕度と最大応答の関係、右:性能低下の指標 α の傾向)

【参考文献】

1) 山崎義弘, 神田健吾, 坂田弘安: 任意変形履歴を受ける木造耐力壁の耐力およびエネルギー吸収性能 繰り返し地震動を受ける木質構造物の劣化挙動に関する研究 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第84巻, 第765号, pp.1443-1451, 2019.11

【備考・既発表論文】

- 山崎義弘, 清水舜, 坂田弘安: 繰り返し載荷を受けるモーメント抵抗型集成材接合部の性能評価, 日本建築学会技術報告集, 第28巻, 第68号, pp.167-172, 2022.2
- 山崎義弘, 中西理, 坂田弘安: 繰り返し載荷による耐力劣化を考慮した木造耐力壁の復元力特性モデルの提案と等価線形化手法への適用 繰り返し地震動を受ける木質構造物の劣化挙動に関する研究 その2, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第781号, pp.425-435, 2021.3
- 山崎義弘, 鈴木滉哉, 松田和浩, 坂田弘安: 合板耐力壁の繰り返し載荷による性能劣化挙動の評価, 日本建築学会技術報告集, 第27巻第65号, p.202-206, 2021.2