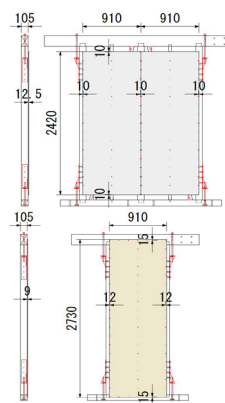


木造住宅の力学性能に着目した 地震後の継続使用性に関する検討

材料研究グループ 主任研究員 山崎 義弘

I はじめに

現在の耐震設計では、極めて稀に発生する大地震に対して倒壊を防止する設計思想であるが、2016年熊本地震では震度7の激震が2回にわたって発生しており、複数回の大地震に対する安全性への関心も高まっている。また、一度地震を経験した後に、建築物の耐震性能がどの程度低下し補修を要するか、すなわち継続使用性に関する研究開発も重要である。本課題では、地震後の継続使用性評価に関する検討事例を紹介する。なお、ここで言う継続使用性とは、力学性能に基づく構造安全性に着目しており、実際には仕上げ材等の損傷による機能、美観の低下に伴う補修の観点も考慮する必要があることを付記しておく。



【二つ割筋かい耐力壁】

石膏ボード

- 筋かいが取りつく面に $t=12.5\text{mm}$
- 釘 (@150mm) の縁端距離は 10mm
- 金物
- 壁倍率 2 倍用ボックス型の筋かい金物

【合板耐力壁】

構造用合板 (2 級)

- 合板厚 9mm : N50@150mm or
- 合板厚 12mm : CN50@150mm

図1 対象とする耐力壁

II シミュレーション方法

図1に示す二つ割筋かい耐力壁 (石膏ボード付き) と構造用合板耐力壁 (合板厚 9mm および 12mm) をもつ木造住宅を想定する。これらの耐力壁の復元力特性は文献1のモデルで表すことができる。図2に時刻歴応答解析による層せん断力-層間変形角関係のシミュレーションの例を示す。木造特有の、繰り返し変形履歴による耐力劣化挙動を精度良く再現できるところに特長がある。

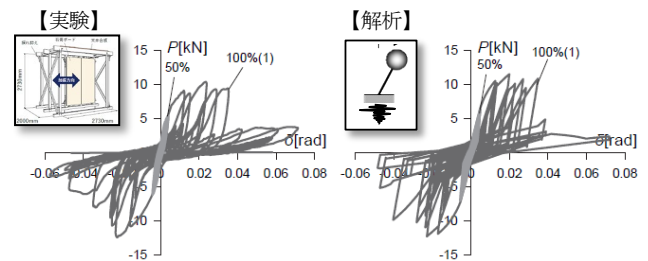


図2 振動台実験のシミュレーション例¹⁾
(合板耐力壁 ($t=9\text{mm}$), 八戸模擬波入力)

III 壁量の余裕度が大地震時の最大応答におよぼす影響

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 (ただし、非構造材等の寄与による余力として、壁量を一律 1.5 倍とする) をもつ木造住宅モデルを基準として、壁量の余裕度が大地震時の最大応答におよぼす影響を検討する。壁量は 1, 1.25, 1.5, 1.75, 2 倍と変化させる。国内外観測波 31 波、模擬地震波 4 波の合計 35 地震波に対し、一質点系モデルの時刻歴応答解析を実施した。なお、それぞれの地震波の入力倍率は、壁量が 1 倍のときに、最大応答変形が耐力壁の終局変形に一致する、すなわち設計上の倒壊とみなされるように調

節した。

図3(a)-(c)に壁量ごとの最大応答変形 δ_{\max} の変化を示す。いずれの耐力壁仕様においても、壁量が増えるほど δ_{\max} は単調減少を示している。

次に、 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3(d)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 $1/n^2 \sim 1/n^{1.5}$ 倍程度であると言える ($n=1 \sim 2$)。

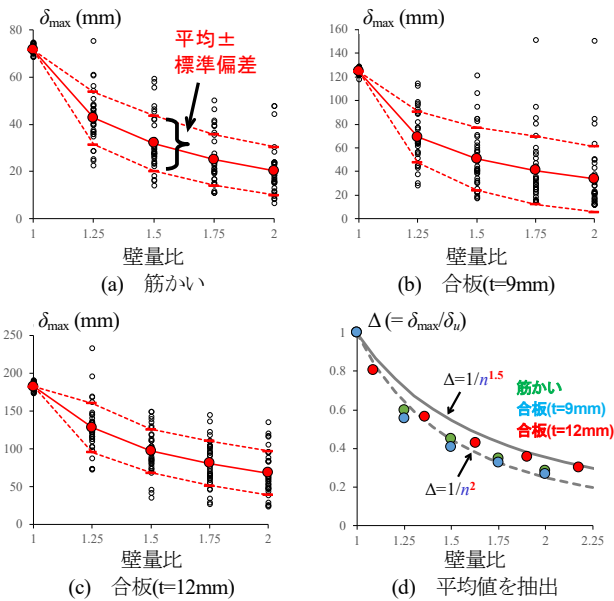


図3 壁量の余裕度と最大応答の関係

IV 一度地震を経験したことによる性能低下の影響

前述の壁量1倍のモデルを用いて、一度地震を経験したことによる性能低下の影響を検討する。先の検討では図4左のように、ある地震動を1回入力し、そこで得られる最大応答変形 δ_{max} の傾向を分析した。ここでは、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 を収斂計算で求める。この α とは、既に一度地震を経験したことによる性能低下の多寡を端的に表す指標と理解できる。

α は地震によって生じる損傷に起因するため、弾性範囲では明らかに $\alpha=1$ であり、変形量に依存した指標と推察できる。そこで、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5に各 Δ における α の傾向を示す。目標変形 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 は、筋かいで0.85、合板($t=9\text{mm}$)で0.82、合板($t=12\text{mm}$)で0.80であった。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、図5より 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、図3(d)から壁量比1.5倍程度のとくと読み取ることができる。

V おわりに

木造住宅を模したモデルの時刻歴応答解析により、2回の地震入力に対しても終局変形を超えないため、あるいは、一度地震を経験したことによる性能低下を小さくし、継続使用性を高めるために必要な壁量を検討した。

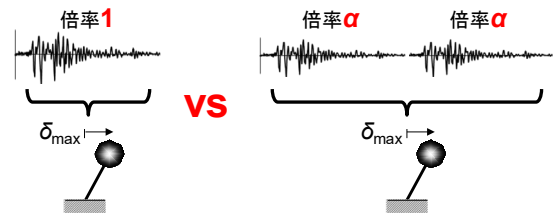


図4 一度地震を経験したことによる性能低下の影響の検討方法

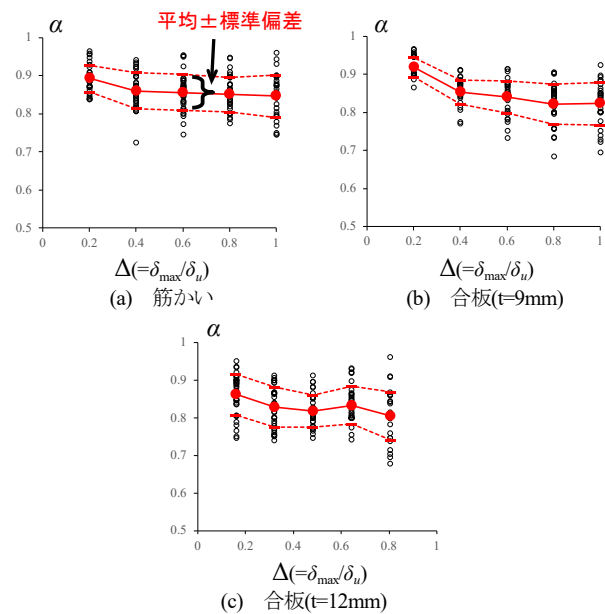


図5 性能低下の指標 α の傾向

参考文献

- 山崎義弘, 中西理, 坂田弘安: 繰り返し载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