

木造住宅の既存躯体に緊結された耐震ログシェルターの必要耐力

正会員 ○美尾優太郎*
同 井戸田秀樹**
同 花井 勉***

耐震シェルター 耐力壁 木造住宅
地震応答 耐震改修

1. 序

地震対策の一つに、住宅の倒壊を許容しつつ人命保護機能を持った耐震シェルターがある。耐震シェルターは既存躯体と独立させて設置される場合が一般的であるが、既存躯体と緊結することで耐震シェルターの持つ剛性と耐力を既存躯体に付与でき、住宅全体の耐震補強効果も期待することができる。

本研究では、ログ耐力壁(図1)を構造要素とする耐震ログシェルター¹⁾(図2, 以下、ログシェルター)を対象とし、既存躯体に緊結することで耐震補強効果を併せ持ったシェルターが、地震時にその性能を満たすための必要耐力について明らかにすることを目的とする。

2. ログシェルターの地震応答解析概要

2.1 検討方針 既存躯体と緊結したログシェルターに地震時に作用する外力としては以下のものが考えられる。

- (1) 既存建物の慣性力で作用する水平力(地震力)
- (2) 2階の倒壊により作用する鉛直力
- (3) 既存部分の倒壊に伴う引き倒し外力

本研究では、(1)の外力を検討対象とする。ログシェルターの設計クライテリアは、経験最大層間変形角1/20radを継続使用、1/10radを人命保護とした。

2.2 解析対象 図3に解析モデルの平面図を示す。ログシェルターは東西・南北方向にそれぞれ長さ2P(P:半間)を有するサイズとし、それを壁量が不足する南側の6畳間に配置するものとする。ログシェルターのサイズを一定とし(床面積:As), 既存建物の大きさ(床面積:Ae)をAs/Ae=0.10, 0.15, 0.25の3種類設定した。

2.3 解析モデル 床面積割合(As/Ae)のほか、改修前壁量充足率w, 改修前偏心率e, および実験で得られた耐力に対するログシェルターの耐力比αをパラメータとした。wは壁の位置を変えず壁基準耐力を調整することでw=0.1, 0.3, 0.5, 0.7と変化させた。また、eはx方向の壁量を北側に偏心させることで0.0, 0.3, 0.6と設定した。地震応答解析モデルは1質点系とした。質量はAs/Ae=0.10, 0.15, 0.25の各モデルに対し、308.7kN, 205.8kN, 123.5kNとした。

入力地震波は、兵庫県南部地震波NS成分(JMA神戸), 新潟県中越地震波EW成分(川口町川口), 熊本地震波前震EW成分(益城町役場), 熊本地震波本震EW成分(益城町役場)の4波を用い、解析モデルのx方向に入力した。地震応答解析には、wallstat ver4.0.2²⁾を用いた。

2.4 履歴特性の設定 既存構面の履歴特性は図3に示すようにbilinear + slip型でモデル化した。変形量D₁, D₂, D₃, D₄はそれぞれ5mm, 55mm, 164mm, 300mmとし、

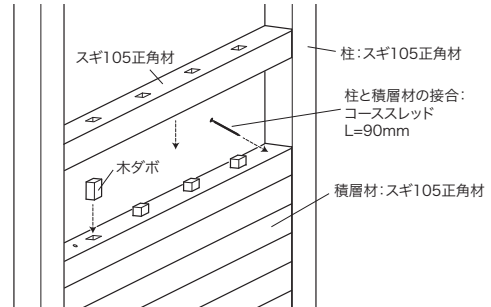


図1 ログ耐力壁

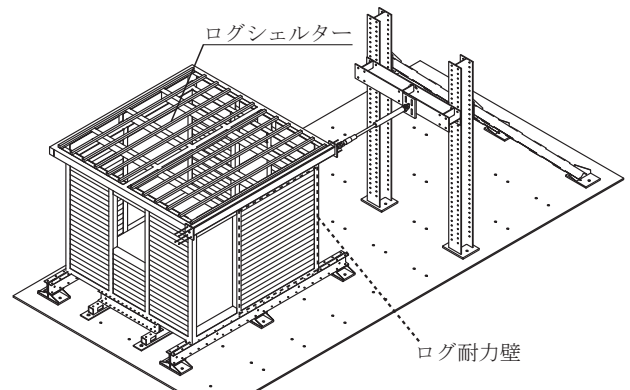


図2 ログシェルター載荷実験¹⁾

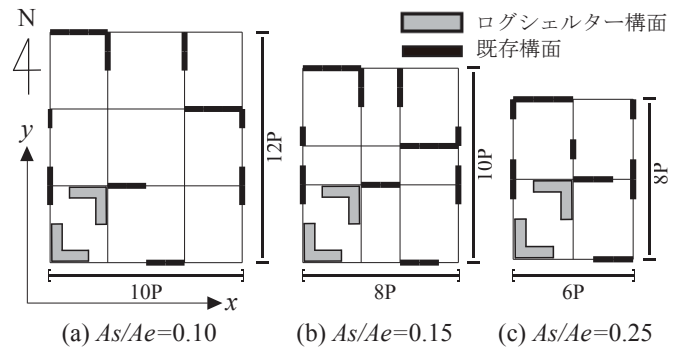


図3 解析モデル平面図

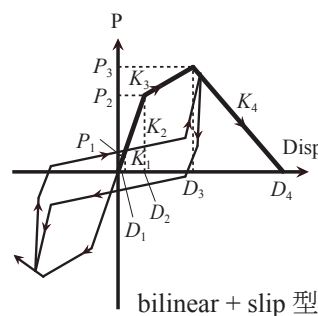


図4 既存構面の履歴特性

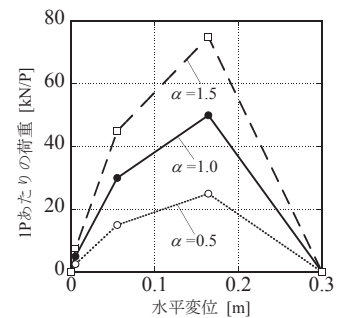


図5 ログシェルター構面耐力比α

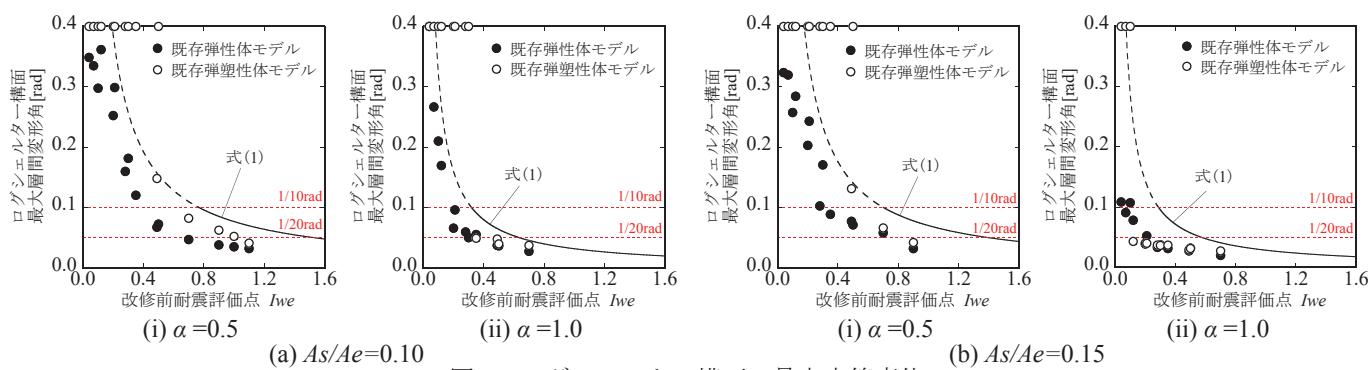


図6 ログシェルター構面の最大応答変位

荷重 P_1, P_2, P_3 はそれぞれ 5kN, 30kN, 50kN とした。また、ログシェルター構面の履歴特性は実験で得られた荷重変形関係¹⁾ (図5) をトリリニア型にモデル化したものを用いた。なお、ログシェルター耐力壁は、ログ材間に設置するダボの本数によって剛性と耐力を調整できることから、実験で得られた履歴曲線を $\alpha = 1.0$ とし、 α を 0.5 および 1.5 とした 3 つの履歴に対して解析を行った。なお、既存部分の耐力の不確実性を考慮し、既存構面の履歴特性を完全弾性体とした場合についても検討した。

3. ログシェルターの必要耐力

3.1 必要ログシェルター構面耐力比 α 図6に $As/Ae=0.10, 0.15, \alpha=0.5, 1.0$ の場合の解析結果を示す。横軸は既存部分の壁量と偏心を同時に考慮できるパラメータ Iwe であり、 $Iwe = w(1-e)$ と定義した。縦軸はログシェルター構面の最大層間変形角である。また、最大層間変形角が 0.4rad を超えたものについては倒壊と定義し、便宜的に 0.4rad の位置にプロットした。

改修前の Iwe 値が大きいほどログシェルターの応答変位は低減され、 $\alpha = 1.0$ のほうが $\alpha = 0.5$ の場合よりも全体的に応答が小さくなっている。また、既存構面を完全弾性体とした場合の応答は弾塑性履歴モデルの結果よりも小さくなった。

これらの結果を踏まえ、応答変位の上限值 γ_{max} の予測式として次式を導いた。

$$\gamma_{max} = \frac{-0.067 A_s / A_e + 0.052 - 0.013\alpha}{\alpha \cdot Iwe} \quad (1)$$

適用範囲は $0.1 \leq A_s/A_e \leq 0.25$ および $0.5 \leq \alpha \leq 1.5$ である。図7に式(1)を用いて算出したログシェルターの最大層間変形角を各クライテリア以下にするための必要耐力比 α を示す。

3.2 α に対するログ耐力壁の必要耐力 ログシェルターの耐力壁は、ログ材間に設置されたダボ本数によって耐力が決定される¹⁾。そこで、既報¹⁾の壁基準耐力評価式より、ログシェルター構面耐力比 α とダボ本数 n との関係を導くと次式となる。

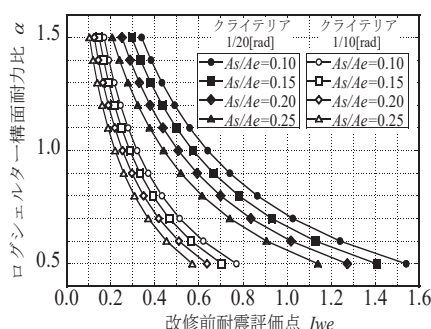


図7 必要ログシェルター構面耐力比 α

$$\alpha = \frac{n+5.29}{13.3} \quad (2)$$

表1に、式(2)を用いて算出した α に対するダボ本数およびその時の必要壁長さを示す。

3.3 α に対するログ耐力壁の必要耐力と壁長 シェルターの設置を検討する場合、まずはシェルターを設置する南側居室の広さと建物全体の広さから As/Ae を算定する。次に、改修前の壁量充足率 w と偏心率 e から計算される Iwe に応じて、図7から各クライテリアごとのシェルター構面耐力比 α を求める。この α を使い、最終的に表1から必要壁長さを求めることができる。

4. 結

ログシェルターを南側居室に設置した木造既存不適格建物の地震応答解析を行い、シェルター構面に必要な耐力と壁長を求めるための資料を整理した。

【謝辞】

本研究は、国土交通省「住宅・建築物技術高度化事業」(事業期間：平成27年度～29年度)による助成を受けて実施したものです。付して感謝の意を示します。

【参考文献】

- 1) 美尾優太郎, 井戸田秀樹, 花井勉, 山根光, 渡邊一葉: 木造住宅の耐震補強効果を兼ね備えた高耐力耐震シェルターの開発, その1, その2, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.543-546, 2019.9
- 2) 中川貴文: 大地震時における木造軸組工法住宅の倒壊解法手法の開発, 建築研究所, 第128号, 2010.11

* 鈴与建設(株)(元名古屋工業大学大学院社会学専攻 博士前期課程)・修士(工学)
 ** 名古屋工業大学大学院社会学専攻 教授・工博
 *** (株)えびす建築研究所 代表取締役・博士(工学)

* Suzuyo Construction Co. (Former Graduate Student, Nagoya Institute of Technology.) Mr. Eng.
 ** Prof., Nagoya Institute of Technology, Dr. Eng.
 *** President, Ebisu Building Laboratory Co, Dr. Eng.