

建物被害認定調査に基づく被害区分を用いた耐震改修促進ツールの提案

木造住宅 地震実被害 被害認定調査
資産運用 費用対効果 耐震改修

正会員 ○清水 雅大*
同 井戸田秀樹**
同 花井 勉***
同 森 保宏****

1. 序

木造住宅の耐震化を建物所有者の視点で考えると耐震改修の費用や地震時の補修費用が生じ、被害に応じて支援金を受けることになるため、経済面に関する地震リスク情報が重要となる。ここで地震リスクの評価には悉皆調査等で得られた建物の損傷度¹⁾を用いて評価することが多いが、損傷度の指標は建物外部の損傷具合を評価する指標であるため、経済面に関する地震リスクを評価する事が出来ない。そのため経済的損失量を調査する被害認定調査²⁾を基に資産的立場に立った地震リスク評価が必要となる。

本研究では被害認定調査を基に建物所有者の経済性を守るという観点から木造住宅の地震リスク評価を行い、耐震改修促進ツールを提案することを目的とする。

2. 被害関数の設定

地震リスク評価には、住宅の耐震診断評点（以下、評点）と地震動の大きさと建物被害認定調査の被害区分（以下、被害区分）の関係を明らかにする必要があるため、地震被害把握のため被害調査を実施する。

2-1 熊本地震被害調査

2016年に発生した熊本地震を対象に被害調査を実施した。熊本地震は耐震改修の補助金制度が本格的に運用され、その実績が蓄積されて以後初めて大規模な被害をもたらした地震である。そのため住宅一件ごとに評点と地震動の大きさと被害区分の関係を確認することができる。熊本市で耐震診断を実施した住宅（耐震改修は行っていない）338棟の罹災結果と熊本市で耐震改修を実施した住宅116棟の地震被害結果の整理を行った。熊本地震の地震動の大きさは防災科学研究所³⁾が公開している震度マップを用いるとし、図1に震度6強エリアの地震被害結果を示す。

2-2 損害割合評価式の設定

熊本地震の被害結果を用いることで、被害区分の判定基

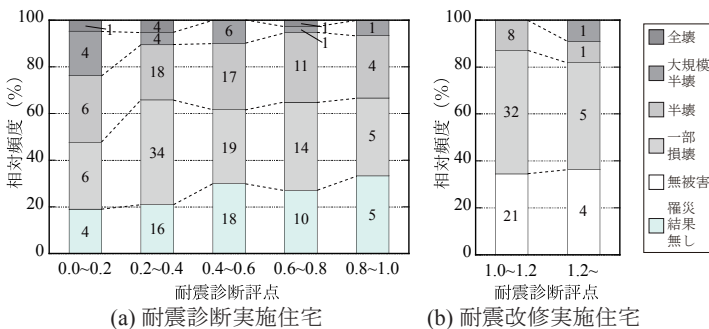


図1 震度6強エリア地震被害結果

準となる損害割合²⁾ELの評価式（以下、損害率曲線）を設定する。震度ごとに各評点間で損害割合の平均値 EL_{μ} と変動係数 EL_{CV} を算出する。ここで罹災結果無しの住宅は熊本市の罹災証明書の申請状況⁴⁾を参考に被害区分を推定した。損害率曲線はワイブル分布の累積確率分布で表現するとし、地震被害結果を基にワイブル分布の形状母数 m と尺度母数 η を回帰分析により評価する。

$$EL_{\mu} = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x}{\eta}\right)^m\right] \quad (1)$$

地震被害のばらつき EL_{CV} は、地震被害結果を基に次式で評価する。

$$EL_{CV} = 1.431 \cdot \exp(-2.406 \cdot EL_{\mu}) \quad (2)$$

数値解析を簡便に行うため、震度Iに対する形状母数 $m(I)$ と尺度母数 $\eta(I)$ について、回帰分析により得られた次式で近似評価する。

$$m(I) = -\exp\left(\frac{I-6.82}{0.375}\right) - 0.155 \quad (3) \quad \eta(I) = \exp\left(\frac{I-6.80}{0.110}\right) \quad (4)$$

式(1),(3),(4)を用いる事で震度別に損害率曲線が求まる。図2に震度別の損害率曲線を示す。

3. 建物所有者向け耐震改修促進ツールの提案

3-1 地震リスク評価モデルの設定

地震時に生じる住宅の損害割合ELの評価には2章で設定した損害率曲線を用いる。

地震ハザードは地震研究推進本部⁵⁾が公開している全ての地震を考慮した2018年からの30年超過確率を用いるとし、地震動の30年最大値の確率分布関数 P_I が対数正規分布に従うと仮定して評価する。

耐震改修の工事費用 C_u は熊本市で耐震改修を実施した住宅の工事費用を基に住宅の床面積Aと耐震改修による

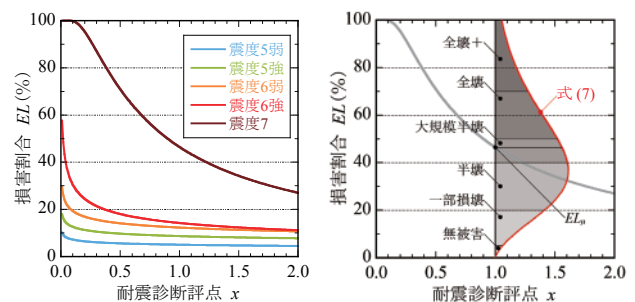


図2 地震動による損害率曲線 図3 損害割合確率の評価手法

増分評点量 Δx を用いて次式で評価する。

$$C_u = 1.36 \cdot A \cdot \Delta x + 97.5 \quad (5)$$

地震時に住宅が被害を受けた場合に生じる補修額 Z は文献 6) を参考に次式で評価する。

$$Z = 1800 \cdot \exp\left(\frac{EL - 0.55}{0.085}\right) \quad (6)$$

ここで全壊時 ($EL \geq 0.5$) は 133 万円の解体費用と 1800 万の建て替え費用がかかるとする。

各自治体では耐震改修の補助制度および地震時の被災者支援制度を設けている。耐震改修の補助金制度は各自治体により定められており、地域別に評価モデルを設定する。被災者に対する支援制度は文献 7) を用いて設定する。

3-2 地震リスク評価手法

評点 x の住宅が震度 I の地震動により損害割合 EL となる確率 P_{EL} は式 (1),(2) を基に式 (7),(8) で評価されるとし、図 3 に損害割合の確率的評価手法を示す。

$$P_{EL} = \frac{f(EL; EL_{\mu}, EL_{\sigma})}{\int_0^{1.0} f(EL; EL_{\mu}, EL_{\sigma}) \cdot dEL} \quad (7) \quad EL_{\sigma} = EL_{\mu} \cdot EL_{CV} \quad (8)$$

ここで $f(EL; EL_{\mu}, EL_{\sigma})$ は平均値 EL_{μ} 、標準偏差 EL_{σ} の対数正規分布の確率密度関数を示す。

地震時に生じる経済的損失額の評価手法を示す。評点 x の住宅が震度 I の地震動に襲われた時に生じる損失額 B_i は式 (6),(7) を用いて次式で評価する。

$$B_i = \int_0^{1.0} P_{EL} \cdot (Z - S) \cdot dEL \quad (9)$$

ここで、 S は被災者支援制度に基づく支援額を示す。

震度 I の時の損失額 B_i にその震度の発生確率 P_i を乗じ、震度 I で積分する事で地震ハザードを考慮した損失額の期待値 B_T を算出する。

$$B_T = \int_0^{\infty} P_i \cdot B_i \cdot dI \quad (10)$$

地震時に生じる損失額の期待値 B_T と耐震改修の工事費用 C_u の合計が建物所有者の総負担額の期待値 B となる。耐震改修前後の評点において総負担額の期待値 B を比較する事で地震リスクの低減効果を評価する。

3-3 耐震改修促進ツールの提案

3-2 章の評価手法を基に建物所有者向けの耐震改修促進ツールを提案するとし、図 4 に示す。評点と被害区分の関係を震度階ごとに示すとともに、被害に応じた損失額と支援制度を関連させる事で地震時の経済的被害がイメージしやすくなる。また耐震改修の効果を建物所有者が負担する費用の軽減量で示す事で経済面を考慮したうえで、耐震改修における意思決定をすることができる。

これらの情報は耐震改修を決断するうえでの重要な情報となり、今後の耐震改修促進に期待できる。

4. 結

- 1) 評点と被害区分の関係を震度階ごとに示すことで住宅の地震に対する危険性を示すツールを提案した。
- 2) 耐震改修の効果を建物所有者が負担する費用の軽減額で評価することで、経済性を守るという観点から地震リスク低減効果を確認できるツールを提案した。

【参考文献】

- 1) 岡田成幸・高井信雄：地震被害調査のための建物分類と破壊パターン、日本建築学会構造系論文集、第 524 号、pp.65-72、1999.10
- 2) 内閣府：災害に係わる住家の被害認定基準運用指針、2018.3
- 3) 防災科学技術研究所。"J-RISQ 地震速報"。(オンライン)、入手先 (http://www.j-risq.bosai.go.jp/)、(参照 2018-10-1)
- 4) 熊本市政策室復興総室。"熊本地震に係る各種申請状況等について"。(オンライン)、入手先 (http://www.city.kumamoto.jp/)、(参照 2018-10-1)
- 5) 地震調査研究推進本部。"全国を概観した地震動予測地図"。(オンライン)、入手先 (http://www.j-shis.bosai.go.jp/)、(参照 2018.11.1)
- 6) 花井勉・福和伸夫・森保宏・皆川隆之：費用対効果考えた木造住宅の耐震補強設計について、その 1、その 2、日本建築学会大会学術講演梗概集、構造 3、pp.157-160、2003
- 7) 内閣府：被災者支援に関する各種制度の概要、2015.11



図 4 耐震改修促進ツール

* 名古屋工業大学大学院社会学専攻 博士前期課程
 ** 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)
 **** 名古屋大学大学院環境学研究科 教授・Ph.D

* Grad. Stud., Nagoya Institute of Technology
 ** Prof. Nagoya Institute of Technology, Dr.Eng.
 *** President, Ebisu Building Laboratory Co, Dr.Eng.
 **** Prof., Grad.School of Environmental Studies, Nagoya University, Ph.D