

免震住宅に関する基礎調査と一般構造住宅とのリスク差の分析

1. 研究の背景・目的

免震住宅では、上部構造（建物本体）と地盤の間に設置された免震装置が上部構造に伝わる揺れを抑制することで、地震による損壊被害を軽減する。そのため、住宅性能表示制度に基づき認定された免震住宅に対しては、地震保険料の割引が適用される。適正な割引率の算出のため、免震住宅と一般構造住宅の地震リスクの差を定性的・定量的に把握しておくことは重要である。本研究においては免震住宅の地震リスクに関する知見を蓄えることを目的とし、免震住宅の法規制・設計方法・免震技術・被害事例に関する文献調査およびヒアリングを実施した。また免震住宅と一般構造住宅のリスク差を定量化するため、免震住宅の被害関数を試作し一般構造住宅との比較を行った。

2. 内容・成果

(1) 調査結果概要

① 法規制

免震建築物に関する最初の法規制は 2000 年の建築基準法関連告示¹⁾である。告示には詳細な解析（構造計算）に基づき安全性を確認する設計方法と、構造計算を必要としない設計方法の 2 つが定められており、いずれかの規定を満たすことで国土交通大臣の認定を受けることなく建設できるようになった。その後何度かの法改正を経ているが、いずれも地震に起因する被害への影響は小さいと考えられる。

② 設計方法

免震住宅の設計実務を把握するため、大手建設会社の設計実務者および日本免震構造協会にヒアリングを実施した。前述の告示で定められた構造計算を必要としない設計方法は、安全性が大きく見込まれた厳しい仕様規定であるために、実際には採用されにくい。そのため多くの場合、構造計算に基づく設計方法が用いられている。一方、集合住宅においては、コスト面で有利なことや長周期地震動を正確に評価できることから、告示で定められた構造計算よりも詳細な解析を行い、大臣認定を受けるケースが多い。

③ 免震技術

典型的な戸建の免震住宅（以下、免震戸建住宅）の免震層では、建物重量を支持するすべり支承と地震動の揺れを抑制する積層ゴムが併用されており、国内の免震戸建住宅シェアの大部分を占める大手工務店においてもこの構成が採用されている。また免震戸建住宅では大変形時に免震層が大きく動き過ぎることを防ぐためストッパーが設けられている。

集合住宅等の大型の建築物においては、上記の免震部材の他、オイルダンパーも用いられており、免震層は擁壁で囲われる形で地中に設置されている。

④ 過去地震の被害事例

2005 年福岡県西方沖地震や、2016 年熊本地震において、免震層におけるダンパ定着部分、エキスパンションジョイントのほか屋外階段の被害が報告されている一方で、主要構造体への被害事例は確認できなかった。

(2) 被害関数作成の検討概要

上記の調査結果を踏まえ免震住宅の被害関数を試作した。作成方針は 2021-2022 年度地震災害予測研究会で議論した一般構造住宅の被害関数作成方法³⁾に準拠した。構造区分(在来木造、鉄骨造、RC 造等)も同研究会の検討と同じとしたが、建築年代は免震住宅が普及し始めた 2000 年以降のみとした。免震住宅は一般構造住宅の下部に免震層を追加する形でモデル化した(図 1 左)。加えて免震層のストッパー(RC 造においては擁壁)は線形ギャップモデルで表現し、変位が水平クリアランスを超えた場合に免震層がストッパーに衝突するよう設定した(図 1 右)。



図 1 免震住宅(左図)とストッパー(右図)のモデル化のイメージ

モデルの各パラメータは構造ごとに設定している。免震層特性は統計値から設定することが可能であったが、免震層重量やストッパーの水平クリアランス等は統計値が存在しないため、実大振動台実験での値等を参考に設定した。上部構造に関するものは一般構造住宅と同じとした。

木造における免震住宅と一般構造住宅の被害関数を図 2 に示す。地震動が小さい領域においては一般構造住宅と比べ免震住宅の被害率が低い。地震動が極めて大きい領域では一般構造住宅と大小関係が逆転しており、この傾向はすべての構造で共通している。免震層変位がストッパーの水平クリアランスを超えた地震動を確認すると、免震住宅の被害関数が立ち上がる地震動と一致しており、ストッパーを除いた解析では免震住宅は地震動が大きい領域においてもほとんど被害を受けない結果となった。このことから地震動が大きくなり免震層がストッパーに衝突するようになると上部構造に衝撃力がかかり、建物の変形が大きくなると考えられる。ただし、こうした被害事例は文献調査では確認できなかった。

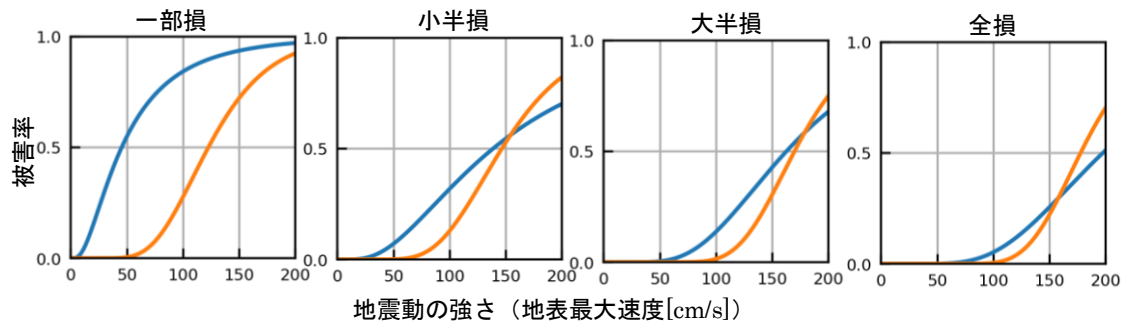


図2 在来木造における被害関数比較（青：一般構造住宅、橙：免震住宅）

（3）成果

本研究では免震住宅に関する文献調査とヒアリングを実施、既往文献と統計データを整理し、被害関数構築にあたり不足しているデータを整理した。データが不足しているパラメータについては仮定を置きつつ免震住宅の被害関数を作成し、ストッパーが作動しない範囲内においては一般構造住宅に比べ被害が低減されることを確認した。一方で、免震住宅の被害関数構築について以下の課題を残した。

- 免震層重量やストッパーの水平クリアランス等の統計値が公表されていないモデルパラメータについては、設定方法に検討の余地がある。
- 解析結果では大きい地震動において免震層がストッパーに衝突し上部構造に被害が発生したが、これを裏付ける被害実績やデータは存在しない。
- 実際の免震住宅の多くは詳細な解析に基づき耐震性を確認し、建設地の地盤に応じた揺れやすい周期を考慮して設計されている。そのため、多様な観測地震動で平均的に評価する本手法は、免震住宅の性能を過小評価している可能性がある。

<参考文献>

- 1) 国土交通省：免震建築物の構造方法に関する安全上必要な技術的基準を定める等の件（平成12年建設省告示第2009号）
- 2) 国土交通省：建築物の基礎、主要構造部等に使用する建築材料並びにこれらの建築材料が適合すべき日本産業規格又は日本農林規格及び品質に関する技術的基準を定める件（平成12年建設省告示第1446号）
- 3) 損害保険料率算出機構(2023)：地震災害予測研究会2021・2022年報告書 地震応答解析を用いた被害関数の作成に係る各要素の検討、地震保険研究 38