

地震時の最大層間変形角に設けた閾値の被害認定調査への適用

正会員	○祖父江 俊介 ^{*1}
同	筒井 寛太 ^{*2}
同	永野 康行 ^{*3}
同	浦川 豪 ^{*4}

層間変形角	被害想定	建物被害
罹災証明書	都市防災計画	閾値

1. はじめに

我が国は自然災害大国であり、位置や地形、地質気象条件などによって、地震や津波、火山噴火、台風、大雨といった災害が頻繁に発生することで知られている。これら災害が発生すると、人的被害、物的被害が発生する。災害による被害を受けた場合、保険会社や自治体などから罹災証明書を取得する必要がある。罹災証明書は、被災者が被害を受けた旨を証明する公的文書であり、損害保険金の支払いや災害補償の申請、または災害復興において必要となるものである。現在では、自治体が罹災証明書の発行を行っている。発行にあたっては、家屋の被害状況の調査が必要となり、被害規模によっては時間を要する場合がある。しかしながら、災害による被害は迅速な対応が求められることが多く、罹災証明書の発行もその一つである。特に、災害補償や保険金の支払いに必要な場合は、迅速な対応が不可欠である。

地震災害に限った話ではないが、被害の程度に応じた支援が必要となる。被害の程度は、全壊、大規模半壊、中規模半壊、半壊、準半壊、準半壊に満たない、の基準で判定され、罹災証明書の発行にも利用される。建物の損壊状況を目視で判断する方法が主流であり、そのためには調査員の派遣による現地調査が必要である。そこで、本研究では、これまで活用されてこなかった地震災害被害予測シミュレーションによって得られる最大層間変形角の情報を利用し、それらにある閾値を設けて ArcGIS でマッピングし、色分けして建物被害の程度の可視化を行った。今回は閾値を 1/10～1/30 までを 6 等分して分類し、罹災証明書の被害認定基準に適用することにした。今後、現在公表されている全壊建物棟数と照らし合わせ、閾値の値の設定を検討する。また最大層間変形角とは、地震の揺れによって建物がどの程度歪んだかを表すもので、その値が大きいほど建物が損壊している可能性が高くなる。

地震災害における最大層間変形角のデータは、被害の程度を示す指標として利用された例もあるが¹⁾、罹災証明書の発行にはこれまで適用されてこなかった。本研究の結果を活用して、準半壊未満の建物を行政の調査対象から除外することで災害対応の意思決定の効率化に貢献することが期待される。

2. 被害予測に関連する既往の研究

近年の地震による建物の被害予測手法は、被害率曲線を用いた手法や、シミュレーションによる手法が用いられている。被害率曲線を用いた手法は、過去の地震建物被害の情報をもとにして、震度と全壊率等の関係を構造種別及び築年数ごとに評価する経験的手法である。この手法は、容易に都市全体の被害率を推定することができる利点から、保険業や行政において広く用いられている。しかしながら、被害を受ける建物を特定することは不可能であり、都市防災計画や避難計画をたてる際に情報不足になる場合がある。

一方で、シミュレーションによる地震建物被害予測手法は、兵庫県立大学や理化学研究所計算科学研究センター (R-CCS) 総合防災・減災研究チームが開発する、統合地震シミュレータ²⁾ (IES) が用いられつつある。この手法は、地盤の影響を考慮しつつ、都市に存在する建物を一棟ずつモデル化し、任意の入力地震動に対する時刻歴応答解析によるシミュレーションが行われている。

3. 本研究の目的

前章で述べたように、被害予測に関する多くの研究が行われてきた。しかしながら、その被害予測シミュレーションより得られる最大層間変形角を行政の災害対応業務に利活用される研究はこれまでされてこなかった。

本研究の目的は、被害予測シミュレーションによって得られた建物一軒一軒の最大層間変形角データに、1/30、1/25、1/20、1/15、1/10 の 5 段階の閾値を設けて建物被害の程度の可視化を行うことである。

4. 研究手法

Esri の ArcGIS Pro を用いて、南あわじ市の建物ポリゴンデータ(シェイプファイル)を表示した。建物ポリゴンデータの建物属性には、緯度経度、建物一軒一軒の形状、構造種別(木造・非木造)情報が含まれている。また、最大層間変形角を収録したデータは本田らの論文³⁾を参照した。本研究ではこの最大層間変形角に着目し、閾値を 5 つ設けてマップ上の建物を分類した。罹災証明書発行は、表 1 の損害基準判定を基準として判定されている。本研究では閾値をこの基準に適用し、マップに表示する。

また、表 1 の被害の程度を 6 つに色分けして可視化した。この色設定の基準として、筒井らの論文⁴⁾を参照している。日本工業規格 JIS (Z 9103) によって定義されてい

る安全色を配色に用いる。この安全色は赤が危険で緑が安全など、色とその意味が紐付けされており、我が国に住む多くの人々にとって直感的に理解がしやすいものである。最大層間変形角の値が 1/10 以上を紫、1/10~1/15 を赤、1/15~1/20 を橙、1/20~1/25 を黄、1/25~1/30 を薄緑、1/30 以下を緑に設定した。

表 1 災害の被害認定基準（令和 3 年 6 月 24 日付府政防 670 号内閣府政策統括官（防災担当）⁵⁾に追記

被害の程度	全壊	大規模半壊	中規模半壊	半壊	準半壊	準半壊に至らない（一部損壊）
損害基準判定 （住家の主要な構成要素の経済的被害の住家全体に占める損害割合）	50%以上	40%以上 50%未満	30%以上 40%未満	20%以上 30%未満	10%以上 20%未満	10%未満
色区分	紫	赤	橙	黄	薄緑	緑
最大層間変形角	1/10	1/15	1/20	1/25	1/30	

5. 例題

本研究における例題として、兵庫県南あわじ市を対象とした。建物データを収集し、最大層間変形角の大小によって色分けした建物被害の程度マップを作成した。一例として、兵庫県南あわじ市津井地区と福良地域を図 1、2 に示す。色の凡例は表 1 に示す。

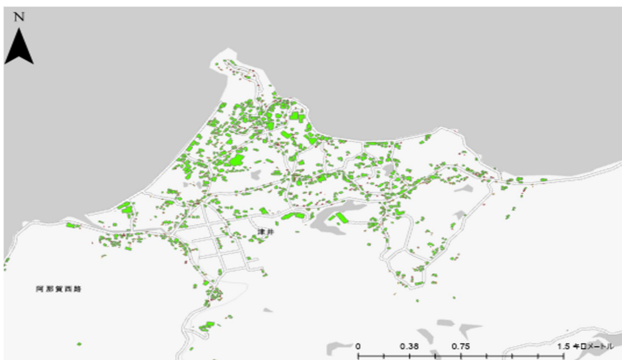


図 1 兵庫県南あわじ市津井 被害程度マップ



図 2 兵庫県南あわじ市福良 被害程度マップ

このマップは、最大層間変形角が大きい建物がこのマップでは、最大層間変形角が大きい建物を危険度の高い順に、紫、赤、橙、黄、薄緑、緑の順に色分けしている。紫が最も危険であり、緑が最も安全であることを示している。この可視化した結果、南あわじ市全体で、全壊棟数が 2205 棟、大規模半壊が 18319 棟、中規模半壊が 4318 棟、半壊が 1129 棟、準半壊が 10 棟、準半壊に満たない地域が 16812 棟であると示された。また、兵庫県南あわじ市の建物の中で最大層間変形角が小さい建物が集中している地域が一部存在することが分かった。例えば、先ほど図 2 で例に挙げた福良地域は比較的紫や赤色で表示される建築物が多くみられる。一方で、図 1 に示す津井地域は比較的緑色の建築物が多くみられる。このような準半壊未満の建築物が多いであろう地域を被害認定調査対象地域から一旦外すことで、行政の災害対応における人員調整を被害の大きい地域の調査に回すといった方針の決定が可能となる。

6. おわりに

本研究では、兵庫県南あわじ市を例題とし、被害予測シミュレーションによって得られた建物一軒一軒の最大層間変形角データに、1/30、1/25、1/20、1/15、1/10 の 5 段階の閾値を設けて建物被害の程度の可視化を行った。今後の課題として、公表されている被害想定建物棟数に合致するように閾値を検討することが挙げられる。

謝辞

本研究の成果の一部は「理化学研究所（関西地域を対象とした都市防災の計算科学研究－地震津波と集中豪雨被害のハザードマップ作成－）」、兵庫県立大学 令和 4 年度部局提案プロジェクト「レジリエントな減災復興シミュレーションモデル構築に向けた研究」による。ここに記し、謝意を示す。

参考文献

- 1) 日本建築防災協会：被災建築物応急危険度判定マニュアル、p.23、1998 年 6 月 1 日
- 2) 細 政貴、飯山かほり、石田 孝徳、藤田 航平、山崎 義弘、市村 強、WIJERTHNE Lalith、盛川 仁、堀 宗朗、山田 哲、坂田 弘安、山中 浩明、廣瀬 壮一：統合地震シミュレータ (IES) の仮想構築モデルに導入する MSS モデルとその応用に関する基礎研究、日本地震工学会論文集第 15 巻、第 7 号（特集号）、pp.295-pp.305、2015
- 3) 本田理奈、大谷英之、永野康行：建物個別属性を利用した時刻歴応答解析手法と経験的手法による建物被害予測の総合評価、令和 4 年度日本建築学会近畿支部研究報告集、第 32 号、構造系、pp.185-pp.188、2022
- 4) 筒井寛太、永野康行：地域規模内の地震時における建物の安全性判定のための可視化手法、日本建築学会大会建築デザイン発表梗概集(近畿)、頁未定、2023 年 9 月(予定)
- 5) 内閣府：災害に係る住家の被害認定、https://www.bousai.go.jp/taisaku/pdf/r306higai_nintei.pdf、2023 年 4 月 3 日閲覧

*1 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 博士前期課程 院生
 *2 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 元院生・修士（情報科学）
 *3 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士（工学）
 *4 兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科 教授・博士（工学）

*1 Graduate Student, Grad.Sch. Dis.Res. and Gov. Univ. Hyogo
 *2 Former Graduate Student, Grad.Sch. Info. Sci. Univ. Hyogo
 *3 Prof., Grad.Sch. Dis.Res. and Gov., Studies, Univ. Hyogo
 *4 Prof., Grad.Sch. Dis.Res. and Gov., Studies, Univ. Hyogo