

想定南海地震における都市規模の建物被害予測  
—兵庫県南あわじ市福良地区を対象として—

正会員 ○本田理奈\*  
正会員 大谷英之\*\*  
正会員 永野康行\*\*\*

防災 可視化 被害予測  
応答解析 防災計画 IES

## 1. はじめに

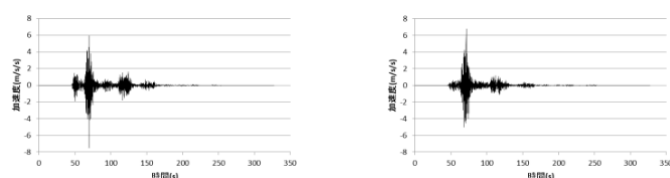
想定南海地震への対策は必要性の高い問題である。広域での被害が予想される想定南海地震に対して具体的な対策を立案するためには、1棟1棟の建物に焦点を当てた詳細な被害予測が望ましい。しかし、詳細な被害予測は膨大な計算量を必要とするため、実務的には地域を分割して複数の建物をまとめる集計的な被害予測が行われてきた。もし、地域の全建物の1棟1棟に対してシミュレーションに基づく詳細な被害予測ができれば、その結果は具体的な避難計画の立案に役立つと考えられる。本研究の目的は統合地震シミュレータ (IES: Integrated Earthquake Simulator) [1][2] による地域規模の時刻歴応答解析の結果を用いて、想定南海地震への具体的な避難計画や、現状把握を行う一例を紹介し、地域規模の解析の導入への問題点や可能性を示すことにある。

## 2. 被害想定対象地域

淡路島は兵庫県内の中でも想定される震源に特に近く、その海側に位置する南あわじ市福良地区は津波による被害が予想される。この地域での想定南海地震（陸側ケース）をシミュレーションすることで現状の把握及び今後の具体的な対策・施策につながることを期待する。

## 3. 使用した地震波

本研究では津波による被害も発生すること、巨大地震と予想されること、将来確実に起こるとされていることを考慮して、想定南海地震波（陸側ケース）を採用した。対象となる福良地区での任意の建物における想定南海地震（陸側ケース）のNS方向の地表面加速度とEW方向の地表面加速度から作成した波形を図1に示す。



(a)NS 方向

(b)EW 方向

図1 加速度の時刻歴波形（養田南地区）

表1 最大加速度

NS 方向の地表面最大加速度	7.48(m/s <sup>2</sup> )
EW 方向の地表面最大加速度	6.78(m/s <sup>2</sup> )

## 4. 建物分布

本研究で想定した福良地区における3,627棟の建物分布はゼンリン電子住宅地図デジタウン兵庫県南あわじ市を基とする。これと国土地理院の基盤地図情報に基づく道路と海岸線をESRI ジャパン社のArcGISによって重ね合わせた。作成したものを図2に示す。図2の範囲において構造種別棟数を表2に示す。

表2 構造種別棟数（福良地区）

構造種	棟数(棟)
木造	3,062
S造	447
RC造	118

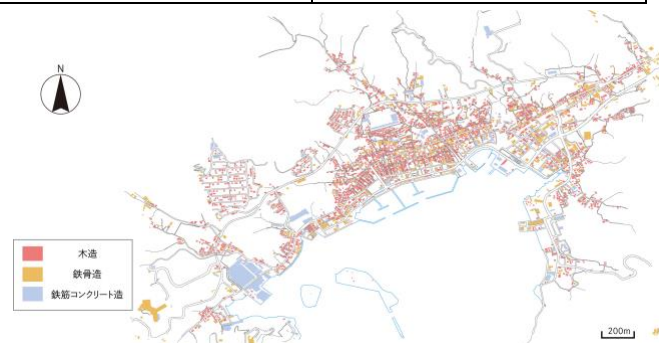


図2 建物分布（福良地区）

## 5. 被害想定

被害想定を行うにあたり、2章で述べた範囲において、IESを用いて時刻歴応答解析を行った。解析結果の最大層間変形角を1/10, 1/50(rad)の閾値を基に3種類に場合分けした。最大層間変形角 $\leq 1/50$ を緑、 $1/50 <$ 最大層間変形角 $\leq 1/10$ を黄、 $1/10 <$ 最大層間変形角を赤とした被害予測結果を図3に示す。また、表3に被害想定区分を示す。

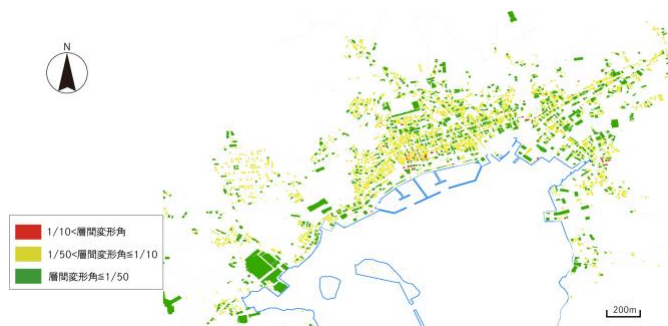


図 3 被害想定

表 3 被害想定区分

赤：1/10<最大層間変形角	場合によっては倒壊
黄：1/50<最大層間変形角≤1/10	倒壊の可能性がある
緑：最大層間変形角≤1/50	倒壊の可能性が低い

図 3 より、福良港北側に赤色が比較的集中しており、黄色も多くみられることがわかる。福良港の北側には住宅街が広がっており、構造として木造が多いために図 3 のような分布となったと考えられる。

### 6. 時刻歴応答解析手法と経験的手法との比較

経験的手法と時刻歴応答解析手法を用いた被害予測の比較を行った。経験的手法による被害予測は南海トラフの巨大地震モデル検討会による地表震度分布図<sup>[5]</sup>を用いた。福良地区の予測震度は 6 強と 6 弱であり、 fragility curve の全壊率は木造・非木造建築物の全壊率テーブル<sup>[6]</sup>を用いて表 4 のように設定した。経験的手法による予測震度を図 5 に示す。図 5, 表 4 より震度・構造別の全倒壊数を表 5 に示す。

表 4 震度別木造・非木造の全壊率設定値

震度	構造種別全壊率 (%)	
	木造	非木造
6 強	80%	15%
6 弱	10%	5%

表 5 震度・構造別 全壊数

震度	構造種別棟数 (棟)	
	木造	非木造
6 強	1,698 棟	58 棟
6 弱	169 棟	14 棟

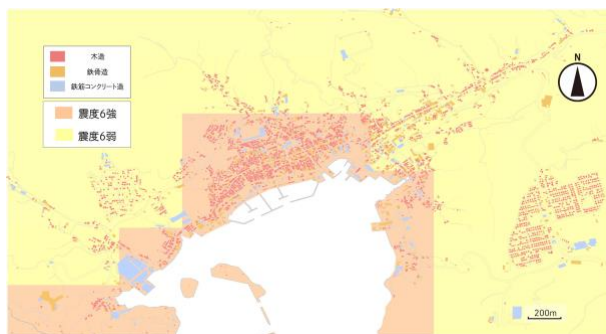


図 4 経験的手法による予測震度

また、図 3 および予測震度分布を重ねたものを用いて算出した全壊棟数を表 6 に示す。

表 6 時刻歴応答解析手法による予測震度別倒壊数

震度	倒壊の可能性のある (黄)	場合によっては倒壊 (赤)
6 強	1,797 棟	55 棟
6 弱	885 棟	1 棟

表 5, 6 より時刻歴応答解析手法による被害予測の全壊数の方が経験的手法による全壊数よりも少ないことがわかる。これは、経験的手法による全壊率の設定を震度の中央値とした為だと考えられる。今回、6 強と 6 弱の二種類の震度によって全壊率の数値を定めたため、結果が正確であるとは言えない。そのため、より細かい計測震度を用いて倒壊数を算定することでより精度の高い被害予測ができるのではないかと考える。

### 7. おわりに

本研究では現状の把握として建物の構造種別と時刻歴応答解析手法による層間変形角を用いた被害想定可視化を行い、さらに経験的手法を用いた被害予測と比較した。これにより被害に関して想定される被害がどのように分布しているかを可視化することができた。それらを基に防災について考えることでより現実を見据えた対策が可能となる。一方で、施策へとつなげるためには、情報を公開することによる経済に与える影響やプライバシーの問題などを考慮する必要がある。今後は建築物と被害想定をつなぐりを相互に考慮するようなことができればより精度の高い可視化が可能になる。階高や築年数といった個々の情報が付加されるとより詳細な防災計画の指針になり得ると考えられる。

### 謝辞

本研究の成果の一部は、令和 2 年度文部科学省「地震・火山観測データを活用した減災・復興モデルの構築とリスクコミュニケーションに資する事例収集 (課題番号: HYG01、研究代表者: 阪本真由美 (兵庫県立大学大学院減災復興政策研究科・准教授))」により遂行した。ここに記し謝意を表す。

### 参考文献

[1] 藤田航平, 市村強, 田中聖三, 堀宗朗, Lalith MADDEGEDARA: 『3 次元地震振動解析と多変数シナリオの構造物応答解析による都市地震シミュレーション』土木学会論文集 A1(構造・地震工学), Vol.71, No.4(地震工学論文集第 34 巻), I 680-I 688, 2015  
 [2] 堀宗朗, 田中謙吾, Sobhaninejad Gholamreza, 市村強, 小国健二: 『自然災害シミュレーションのための GIS から都市モデルへの汎用的データ変換』土木学会論文集 A, Vol.60 No.1, pp.1-12, 2010.1  
 [3] ゼンリン: 『ゼンリン電子住宅地図デジタウン 兵庫県加古川市』2019.10  
 [4] 国土地理院: 『基盤地図情報』  
 [5] 内閣府: 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ, 南海トラフの巨大地震モデル検討会 (第二次報告) 追加資料, (2021 年 3 月 3 日) [http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120905\\_13.pdf](http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/20120905_13.pdf)  
 [6] 内閣府: 平成 22 年版 防災白書 図表 1-2(1) 木造建築物の全壊率テーブル, (2021 年 3 月 3 日) <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h22/bousai2010/html/zuhyo/zuhyo017.htm>, (2010).

\*兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究所 博士前期課程  
 \*\*理化学研究所計算科学研究センター 研究員  
 兵庫県立大学大学院情報科学研究科 准教授・博士(工学)  
 \*\*\*兵庫県立大学大学院情報科学研究科 教授・博士(工学)

\* Graduate Student Grad. Sim. Studies, University of Hyogo  
 \*\* Research Scientist, RIKEN Center for Computational Science.  
 Assoc. Prof., Grad. Sch. Info. Sci., University of Hyogo, Dr. Eng.  
 \*\*\* Prof., Grad. Info. Sci., University of Hyogo, Dr. Eng.