

観測情報に基づく建物倒壊確率を考慮した津波避難シミュレーション  
Tsunami Evacuation Simulation Considering Probability of Building Collapse  
Based on Observed Data

○伊藤恵理 川瀬博 松島信一 畑山満則

○Eri ITO, Hiroshi KAWASE, Shinichi Matsushima, Michinori HATAYAMA

One important step that we can take to reduce damage from earthquakes and subsequent tsunamis is to simulate the evacuation condition considering the building damage after an earthquake and analyze its impact for evaluation of effective countermeasures. In this study, at first we constructed a wooden building model and 2D soil structure model reflecting the characteristics of the studied area. Then we predicted building damage based on response analysis for strong ground motion obtained from response analysis of the soil structure model. Finally we simulated the condition of tsunami evacuation in order to access the effect of building damage to tsunami evacuation. We used one district in Yura-cho in Wakayama Prefecture where we are taking a step in advance to prepare for recovery after the earthquake which may occur in 30 to 50 years.

## 1. 研究の背景と目的

南海トラフ沿いのプレート境界を震源とする地震が迫っていることを踏まえ、その対策を講じることが急務となっているが、各自治体でその対策は思うように進んでいない。こうした現状を踏まえ、我々は和歌山県田辺市において、高い精度で建物の被害率を算出できる手法により建物の被害予測を行った上で津波避難シミュレーションを行い、現段階での避難場所の配置・収容人数の過不足と、家屋耐震化の効果の評価してきた<sup>1)</sup>。しかしながら、既往の方法では、倒壊数は見込めるものの、個々の建物の倒壊危険度が判断できないため、道路閉塞箇所については、ランダムに割り振るしかなかった。

こうしたことを踏まえ、本研究では、事前復興計画をワークショップ (WS) 形式で行っている和歌山県の一地区において、地区の詳細な地盤特性と建物の特性を考慮した上で、より高精度な津波避難シミュレーションを試みることにする。地区の地震・津波に対する脆弱性を把握し、今後の避難・復興計画策定に活かすことを目的とする。

## 2. 研究対象地域の概要

本研究の研究対象地域を和歌山県日高郡由良町衣奈とした。漁村集落であり、住宅地の道幅は概ね 1~2m と非常に狭く、山側は急な坂になっている。建物の構造種別としては木造が 7 割を超える。

## 3. 地区における木造建物群モデルの構築

地域の建物の特性を把握することを目的として、微動観測を行った。各建物の微動観測により得られた結果に基づき、建物群モデルを構築し、そのモデルに対して地震応答解析を行うことで被害を予測する。

建物群モデル構築手法としては、まず、対象地区内の木造建物計 32 戸の微動観測を行った。建物の 1 階のフーリエスペクトルに対する 2 階のフーリエスペクトルの比のピーク周波数を 2 乗した値を、その建物の耐力とした。その上で、長戸・川瀬の建物モデル構築手法<sup>2)</sup>に従い、吉田<sup>3)</sup>の木造建物群モデルの各耐力を有する建物の存在比率と建築年代別の耐力の比を検討、修正を加えることで、この地区の建物モデルとした。図 1 に長手方向の各耐力を有する建物の存在比率 (最頻値を 1 に基準化)、図 2 に建築年代別の耐力の比を吉田の建物モデルの各数値と比較して示す。

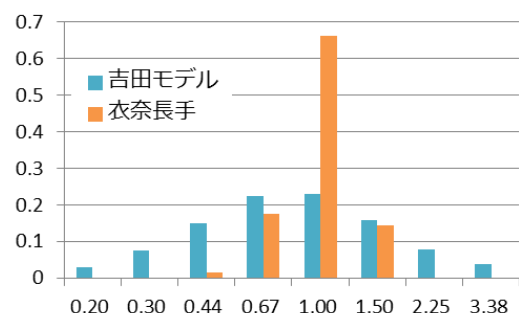


図 1 各耐力を有する建物の存在比率

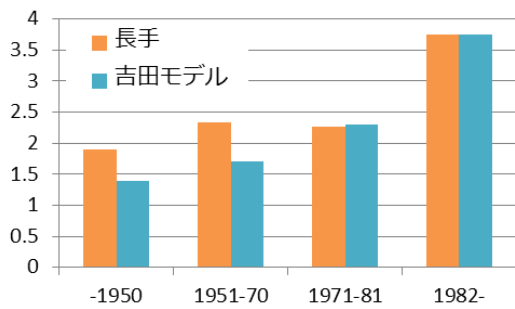


図2 建築年代別の耐力比

#### 4. 地盤構造の同定

この地区における各建物に入力される地震動を作成することを念頭に、この地域の地盤の特性を把握するため、地盤の微動観測を行った。微動の水平上下スペクトル比 (MHVR) のピーク周波数から、観測地点の地盤構造が推定できる。ピーク周波数は概ね山側で高く、海側、川沿いで低くなった。これは、山側で基盤深度が浅くなっていることを示唆している。

観測された MHVR のピーク周波数を用いることで、各微動観測地点下における地盤構造モデルを構築した。構築手法の詳細は発表にて述べる。

#### 5. 入力地震波の作成

南海トラフ沿いにおける 3 連動地震の際に予測される地震波<sup>4)</sup>を基盤まで剥ぎ取った波を、4. で述べた各地盤構造に入力することにより、地区における微動観測地点で推定される地震波を作成した。各観測地点で予測される地震波の最大加速度 (PGA) を図 3 に示す。

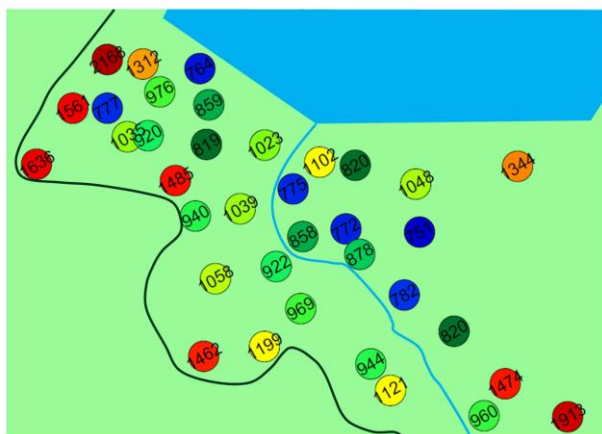


図3 各微動観測地点での予測地震波のPGA

#### 6. 建物被害予測手法

3. で説明した各地震波を、構築した木造建物モ

デルと、既存の長戸・川瀬による鉄骨・3 階建て建物群モデルを入力し、地震応答解析を行うことで、各地震波による、属性 (構造種別・年代別) ごとの建物の全壊率、倒壊率を求めた。また、地区における各地震波の支配領域を、微動観測地点を中心として定めた。その上で、各地震波の支配領域下にある建物戸数と全壊率、倒壊率を掛け合わせるにより、各支配領域下での全壊建物数、倒壊建物数を求めた。

#### 7. 津波避難シミュレーション

今回のシミュレーションに使用するシステムは、エージェントベースのシミュレータである Artisoc<sup>5)</sup>と時空間地理情報システム DiMSIS<sup>6)</sup>が、データベースを共有するかたちで構成されている。

建物被害の影響を、シミュレーションにおける各パラメータ・データに反映させ、建物被害が避難行動に及ぼす影響を考察する。

シミュレーションパターンとしては、建物被害を考慮しない場合と、考慮する場合を用意し、結果を比較した。

発表においては、これらの結果と考察を行う。

#### 〈参考文献〉

- 1) 伊藤恵理・川瀬博・松島信一・畑山満則, 予測強震動を用いた建物倒壊想定に伴う道路閉塞を考慮した津波避難シミュレーション, 日本地震工学会論文集 特集号「津波等の突発大災害からの避難の課題と対策」, 第15巻, 第5号, pp.17-30, 2015.10.
- 2) 長戸健一郎, 川瀬博: 観測被害統計と非線形応答解析に基づく木造建物群被害予測モデルの構築と観測強震動への適用, 第11回日本地震工学シンポジウム, 2002.
- 3) 吉田研史ほか: 地震応答解析に基づいた木造建物群の被害率関数と破壊力指標の検討, 日本建築学会学術講演便概集, pp.161-162, 2005.
- 4) 宝音図: 西南日本における巨大地震による定量的被害予測とその対応策に関する研究, 京都大学博士論文, 2014.
- 5) 兼田敏之: artisoc で始める歩行者エージェントシミュレーション 原理・方法論から安全・賑わい空間のデザイン・マネジメントまで, 構造計画研究所, 書籍工房早山, 2010.
- 6) 畑山満則: 時空間地理情報システム DiMSIS の開発, GIS-理論と応用, 7/2, 25-33, 1999.