

木造住宅の個別要素法による建物モデルの試作と常時微動による固有周期との比較

高知大学

正 会 員

原 忠

学生会員

○石川 諒

(株)ニュージェック

山田 雅行, 伊藤 佳洋, 羽田 浩二, 竹澤 請一郎

中土佐町総務課

山崎 正明, 市川 雅敏

1. はじめに

発生確率の高い南海トラフを震源とした地震では、揺れや液状化、津波などによる複合災害が予測されている。特に住宅密集地域では、建物の倒壊やそれに伴う地震火災などの影響により避難路の閉塞が懸念されている。高知県の海岸平野部では軟弱地盤が堆積している地域が多くみられ、老朽家屋の倒壊リスクや火災にとどまらず、避難路の閉塞は津波避難の妨げになる可能性が大きい¹⁾。家屋の固有周期は、建物の形状や規模、階高、建築年代などの様々な要因により特定は困難であるが、建物の一階と二階で常時微動観測を行うことにより、ある程度の精度で固有周期の特徴を知ることが既往の研究で示されている^{2,3)}。さらに、建物の構造を個別の要素に置き換え、地震時の建物倒壊をシミュレーションする試みがなされている⁴⁾。本研究では、海岸平野部に密集する木造家屋の倒壊危険度を現地観測と数値解析により求めるため、高知県高岡郡中土佐町久礼地区に立地する複数の木造住宅を例に建物倒壊シミュレーションを行うための建物モデルを試作し、家屋の常時微動観測結果と比較した。

2. 建物モデルの作成方法

建物モデルの作成方法を図1に示す。実際の木造住宅を球(要素)とそれを繋ぐ壁・梁でモデル化し、それぞれにせん断弾性係数やサイズなどのパラメーターを与える。ここで、木造住宅の床から天井までの高さがおおよそ3mであることを勘案し、球の半径を1.5m、壁・梁の長さを3mと設定し、建物の一階床部分、一階の天井部分(二階の床部分)、二階の天井部分に球の中心を配置した。常時微動観測を行った住宅は2階建に絞り、建物モデルは一律3層分の要素を、幅、奥行きは実際の建物の幅と奥行きに応じてそれぞれ配置した。各要素の質量は、建築基準法施行令等⁵⁾を元にモデル化した住宅の面積から住宅の質量を算出し、これをモデルの要素数で割って設定した。せん断弾性係数は、壁の面内せん断試験結果の完全非弾塑性モデル⁶⁾のせん断変形角と荷重の関係から平均的な値を求め、 $10,800\text{kN/m}^2$ とした。

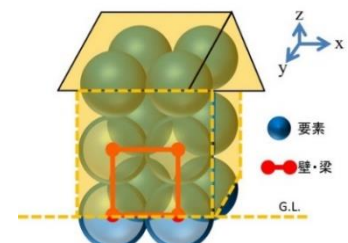


図1 建物モデルの例

3. 建物モデルの固有周期と常時微動による固有周期との比較

(1) 実在住宅のモデル化

本報では、常時微動観測を行った住宅の内、3軒を対象とし、建物モデルを試作した。抽出条件は、①幅と奥行きの値が近い家、②幅と奥行きの値が離れている家、③二階と一階の大きさが異なる住宅であり、築年数は昭和57年以前の非耐震住宅のみを選定した。対象とした住宅の外観と建物モデルを図2に、モデル化した住宅の幅、奥行き、高さを表1にそれぞれ示す。

(2) 数値解析による固有周期の算出

建物モデルの全要素に対して、解析開始時($t=0\text{s}$)において、x軸、y軸方向のそれぞれに建物が倒壊しない程度の加速度(100cm/s^2)の矩形波(継続時間 0.0005s)を作用

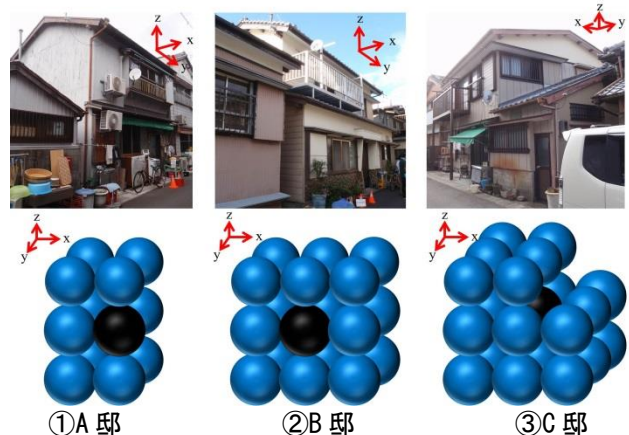


図2 対象住宅と要素モデル(軸の設定は図1と同様)

キーワード：個別要素法，常時微動観測，木造住宅，倒壊シミュレーション，建物モデル

住所：高知県南国市物部乙200 物部キャンパス 地盤防災学研究室 電話番号：088-864-5162

させ、自由振動を生じさせた。応答波形は、常時微動観測位置に対応する要素(図2、黒色で示す要素)で算定した。①の建物モデル(x方向)の応答波形を例として図3に示す。得られた応答波形から乱れの少ない区間($t=5s$ 以降)を抽出し、フーリエ変換することによりモデル化した住宅の固有周期を算出した。

(3) 住宅内の常時微動観測

対象とした住宅において、図4に示すように住宅の二階と一階、住宅近傍の地盤上に一点ずつ常時微動計を各点等しい方向に設置したのち11分間同時観測を行った。二階と一階それぞれで得られた水平動のみ(常時微動計に示された、N-S, E-Wの水平2成分)を各方向成分に対してフーリエ変換し、二階のデータを一階のデータで除す(H/H スペクトル)ことにより、住宅の振動特性(固有周期)を求めた。

(4) 建物モデルの妥当性の検証

①の幅、奥行きがほぼ等しく、平面がほぼ正方形の住宅では、数値解析の固有周期はx軸方向(以下、x軸)、y軸(以下、y軸)ともに0.21sであった。常時微動からはx軸:0.16s、y軸:0.21sが得られており、x軸は常時微動の方が短周期となるが、y軸は一致する結果であった。②は幅、奥行きの異なる平面が長方形の住宅であるが、数値解析の固有周期はx軸、y軸ともに0.21sであった。常時微動の固有周期はx軸:0.20s、y軸:0.22sであり、数値解析とほぼ一致する結果となった。③は幅、奥行き、高さの異なる複雑な形状を有する建物であるが、数値解析の固有周期はx軸:0.19s、y軸:0.18sであった。常時微動による固有周期(x軸:0.16s、y軸:0.19s)と比較すると、x軸方向は常時微動の方が短周期となるが、y軸方向はほぼ一致する結果となった。

4. まとめ

木造住宅の個別要素法による建物モデルを試作し、常時微動による固有周期と比較した結果、①と③のx軸方向および②のモデルにおいて概ね一致する結果が得られたことから、2章で考えた建物のモデル化手法が概ね妥当であることがわかった。しかし、①と③のx軸方向(おそらく壁が多いと思われる方向)の固有周期が異なる点や③のx軸とy軸の固有周期が逆転している点、②において建物形状に伴う固有周期の違いが表現できていない点など、モデル化が不十分と考えられる点も散見される。今後、より合理的なモデル化を目指して検討を進める予定である。

【謝辞】

本研究を遂行するに当たり、中土佐町の地域住民の方々に調査にご協力いただき、住宅にて常時微動観測をさせていただきました。ここに記して深謝の意を表します。

【参考文献】

- 1)市川総子, 阪田知彦, 吉川徹: 建物倒壊及び道路閉塞のモデル化による避難経路の危険度を考慮した避難地への到達可能性に関する研究, Theory and Applications of GIS, Vol.12, No.1, pp.47-56, 2004.
- 2)新居藍子, 林康裕, 森井雄史, 井田祥子, 鈴木祥之: 常時微動計測から推定される京町家の振動性状, 日本建築学会構造系論文集, 第613号, pp.43-50, 2007.
- 3)原 忠, 石川諒, 山田雅行, 竹澤請一郎, 羽田浩二, 市川雅敏, 山崎正明: 住宅密集地における住宅と地盤の常時微動観測, 平成27年度地盤工学会四国支部技術研究発表会, pp.5-6, 2015
- 4)山田雅行, 谷山尚, 白井義朗: 2011年長野県北部の地震における建物被害の個別要素法を用いた再現解析 地域安全学会論文集, No.26, pp.1-8, 2015
- 5)国土交通省国土技術政策総合研究所他監修, 2015年版 建築物の構造関係技術基準解説書, PP271-274, 2015
- 6) http://daiku-j.net/data/20140125/20140125_jikken.pdf

表1 モデル化した住宅の大きさ

単位: m

	幅(x軸)	奥行き(y軸)	高さ(z軸)
A邸	5.0	5.4	5.0
B邸	10.2	6.8	5.3
C邸(2F)	6.3	9.1	5.5
C邸(1F)	10.0		

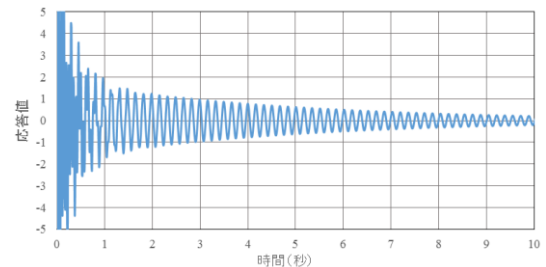


図3 加速度を与えたときの応答結果

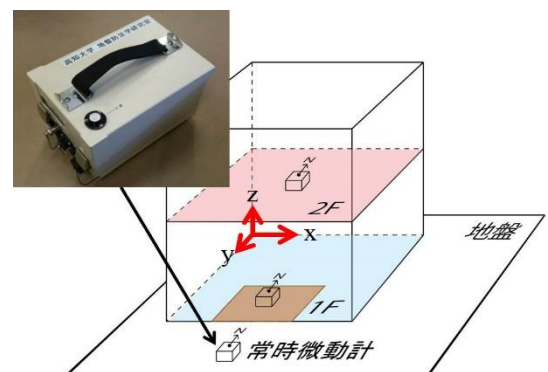


図4 常時微動観測イメージ