

# 長周期インパルス地震動によって生成される地盤・建物の大変位応答に関する研究

名古屋大学環境土木・建築学科建築学コース

福和研究室 森彩夏

## 1. 背景と目的

地震被害軽減のためには、地震動の特徴を理解し、適切な対策を行うことが重要である。2016年の熊本地震は、日奈久・布田川断層帯の一部の活動によって発生し、断層近傍に大きな被害をもたらした。断層近傍における地震動についてはまだ不明な点も多く、その特性の解明が課題となっている。

熊本地震本震では、日奈久・布田川断層帯に沿って多数の地表地震断層が現れ、大きな残留変位を伴う地震動が生じた。こうした地震動では、固有周期の長い免震建物や超高層建物の被害が大きくなる。実際に、国立研究開発法人建築研究所によって行われた調査の結果<sup>1)</sup>、熊本地震で熊本県阿蘇市一の宮にある免震構造を持つ医療施設が大きく揺れていたことがわかった。

また、図1は日本建築学会によって熊本県上益城郡益城町で行われた悉皆調査結果<sup>2)</sup>による大破率と倒壊率の分布図である。柔らかくてよく揺れる堆積地盤の厚い川沿いよりも、少し川から離れたエリアで被害が大きかったことがわかる。

そこで本研究では、断層近傍地震動の特性を調べることを目的し、単純な地盤モデルと地震動を用い、建物に加えて地盤の特性も考慮して特性を把握する。

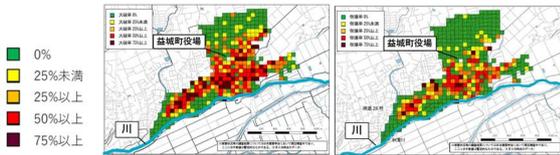


図1 大破率の分布 (左) と倒壊率の分布 (右)<sup>2)</sup>

## 2. 1質点系による検討

硬い岩盤上に位置する建物を模擬した1質点系のモデルで検討を行う。図2に単純化した傾斜ステップ関数型の断層近傍地震動を、図3にそれに加えて片振幅三角波型地震動と両振幅三角波型地震動を示す。また、図4と図5にそれぞれの岩盤変位による建物の変位応答スペクトルを示す。建物の減衰定数は一般的な低層建物を想定した0.05及び免震建物を想定した0.3とした。 $T_r$ ,  $D$ ,  $h_2$ はそれぞれ岩盤変位の立ち上がり時間 (s), 岩盤変位の立ち上がり量 (m), 建物の減衰定数を表す。

傾斜ステップ関数型地震動は地震のマグニチュードによってその立ち上がり速度はほとんど変わらず、立ち上がり時間と量が変化する。よってここでは、岩盤変位の立ち上がり時間と建物の固有周期の関係に着目

する。岩盤変位の立ち上がり時間、量は  $M = 7.0$  の地震でそれぞれ、1 s, 1 m とした。図4より、建物の固有周期が岩盤変位の立ち上がり時間より長ければ応答が大きくなることわかる。また、その最大応答変位は岩盤の立ち上がり量に収束する。

傾斜ステップ関数型地震動では建物の固有周期が長いほど応答が大きくなり、岩盤変位の立ち上がり量に収束するのに対し、片振幅三角波型地震動や両振幅三角波型地震動では地震動の固有周期である4 s付近に山があることがわかる。固有周期が長ければ応答は岩盤変位の立ち上がり量に収束するが、建物の減衰定数が0.05の場合の片振幅三角波型と両振幅三角波型では、4 s付近の応答が最も大きくなっている。

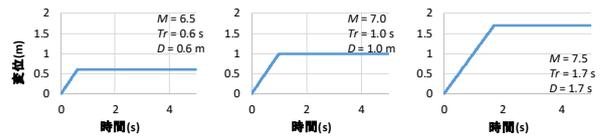


図2 傾斜ステップ関数型地震動

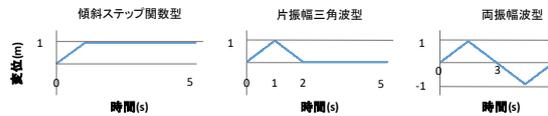


図3 単純化した断層近傍地震動

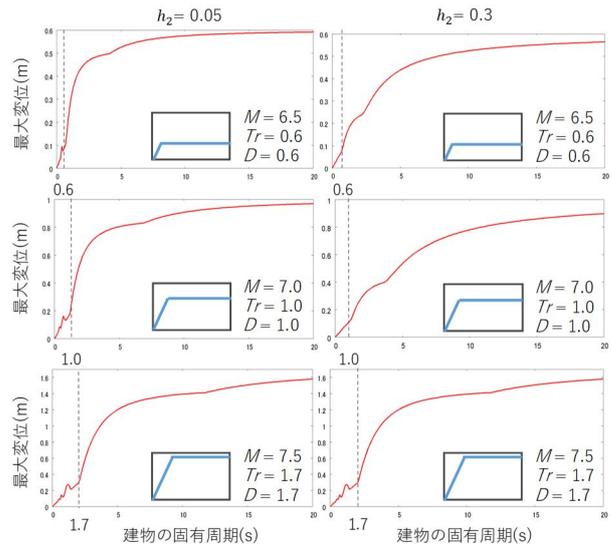


図4 相対変位応答スペクトル

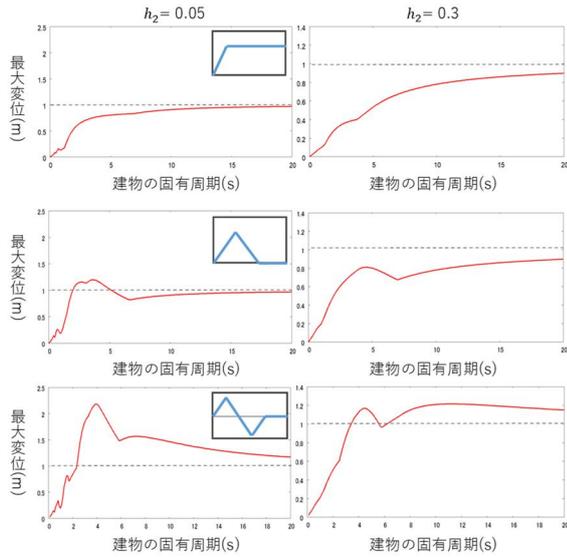


図5 相対変位応答スペクトル

### 3. 2質点系による検討

次に硬い岩盤上に軟らかい堆積層を有するモデルを用いて、地盤と建物の応答を2質点系として検討を行う。ただしここでは地盤と建物の動的相互作用について考慮していない。

図6に  $M=7.0$  の場合の岩盤変位による地表に対する建物の相対変位波形を示す。縦方向に地盤、横方向に建物の固有周期を変化させており、上・左からそれぞれ固有周期 0.2, 1, 3, 5 s となっている。それぞれのグラフで地盤の減衰定数は 0.02, 建物の減衰定数は 0.05 と 0.3 とした。また、 $T_1, T_2, h_2$  はそれぞれ、地盤の固有周期 (s), 建物の固有周期 (s), 建物の減衰定数を表す。

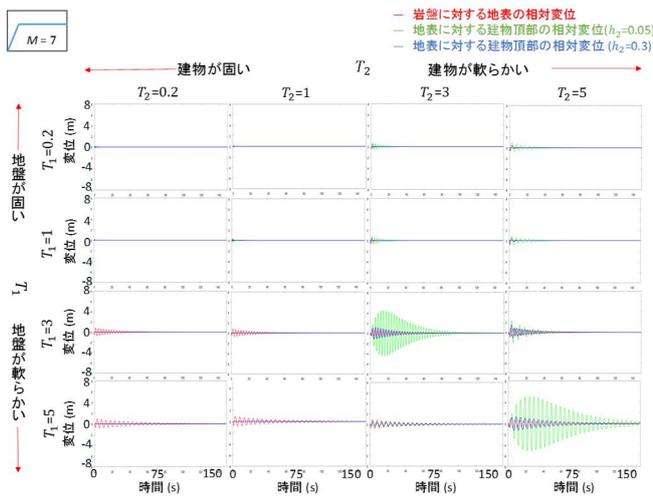


図6 地表と建物頂部の相対変位

応答波形を見ると、地盤と建物の固有周期が一致した場合に応答が大きくなっている。また、同様の建物でも地盤の条件によって応答の最大値と継続時間が大きく変化することがわかる。

図7に、図3に示すそれぞれの岩盤変位による建物の最大変位を示す。 $T_1/T_r$  が小さいほど硬い地盤を、 $T_2/T_r$  が小さいほど硬い建物を表す。スペクトルを見ると、岩盤変位の立ち上がり時間が地盤と建物の固有周期に比べて短い範囲で、地盤と建物の固有周期が一致した場合に応答が大きくなっている。岩盤の立ち上がり時間が地盤と建物の固有周期に比べて短くなるほど、地盤と建物の固有周期が離れても応答が大きくなりやすく、さらに地盤よりも建物の固有周期が長い場合に応答が大きくなりやすいことがわかる。また、それぞれの岩盤変位によるスペクトルを見比べてみると、岩盤変位の波がくり返されると応答が大きくなることがわかる。

### 4. まとめ

本研究では建物に加えて地盤の条件を考慮し、断層近傍地震動による地盤と建物の応答をまとめ、応答が大きくなる条件について分析した。その結果、地盤と建物の固有周期が一致した場合に応答が大きくなり、応答に岩盤変位の立ち上がり時間や地盤の特性が強く影響することがわかった。

ただし本研究では地盤と建物の動的相互作用について考慮していない。軟らかい地盤建物に硬い建物が立っている場合や建物が地下室を有する場合などでは相互作用の影響が無視できなくなる可能性があり、今後検討が必要である。

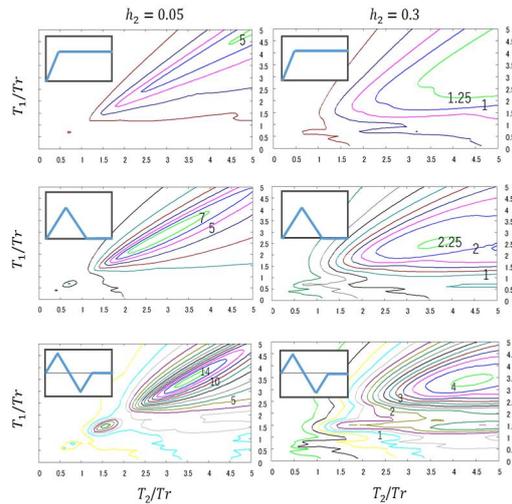


図7 様々な地震動による建物応答変位

【参考文献】<sup>1)</sup> 国土技術政策総合研究所, 国立研究開発法人建築研究所: 平成 28 年 (2016 年) 熊本地震建築物被害調査報告 (速報), 国総研資料 No.929 号, 建築研究資料 No.173 号, 2016  
<sup>2)</sup> 日本建築学会: 益城町中心部における悉皆調査, 2016