

京都大学大学院 学生員 ○LIN XIWEN

京都大学大学院 正会員 三村 衛

京都大学大学院 正会員 肥後 陽介

1. はじめに

地震多発国である日本では、社会経済活動は軟弱な沖積平野に展開する都市域に集中しているため、地震動の増幅に大きく寄与する表層近傍の軟弱砂・粘土地盤の震動特性を正確に把握することが求められる。

本研究では、軟弱地盤層厚が地盤震動特性に及ぼす影響を評価するために、三重県鳥羽市大明地区を対象として次元及動的解析を実施した。一連の動的解析結果により、粘土層厚が地盤モデルの卓越周期に影響を及ぼし、地盤の卓越周期と入力地震動の卓越周期が不一致により粘土層内で減衰が起きることがわかった。

2. 地盤特性の概要

対象とする大明地区は三重県志摩半島北東部に位置する干拓地である。鳥羽市街地より南方に発達する標高100m~300m前後の丘陵地、安楽島の入江部、及び加茂川水系により開析された河川沿いに分布する地域であり、沿岸部はリアス式の海岸線を有し、非常に複雑で陸地も起伏に富んでいる。また、基盤上に粘性土が厚く堆積しているという不均一軟弱地盤上に開発されている。また、基盤は河川側から山側に向かって緩やかに標高を上げていく構造を持ちながら、局所的に標高が激しく変動する複雑な構造である。¹⁾

3. 地盤モデルと次元動的解析

有限要素法による次元動的解析には、液状化解析法LIQCA2D16を用いた。本研究ではボーリング地点における結果と田中(2018)²⁾が構築した微動探査から得られる位相速度情報に基づく V_s の速度構造モデルを使用した。粘土層、砂礫層は構成式として修正R-0モデル³⁾を使用する。パラメータは「二級河川加茂川 地質調査業務委託 報告書 平成27年1月」⁴⁾において実験結果と安田・山口経験式⁵⁾を用いた要素シミュレーションによるフィッティングで決定した。工学的基盤は線形弾性体でモデル化した。粘土層厚が異なる地点を選び、地盤モデルを作成した。例として図1に粘土層厚が28mの地盤モデルを示す。

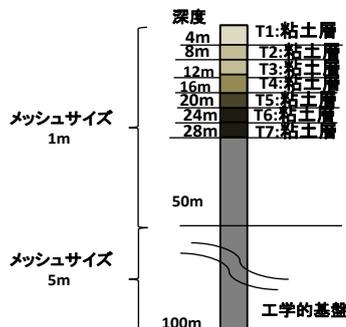


図1 一次元地盤モデル (粘土層厚 28m)

4. 入力地震動と地盤挙動

入力地震動は2016年4月16日KiK-net 益城観測地震動⁶⁾を用い、工学的基盤GL-100mに入力した。図に観測地震動波形とフーリエスペクトルを示す。フーリエスペクトルより観測地震動は1s付近の周期帯に大きなエネルギーを有する地震波であることが分かった。

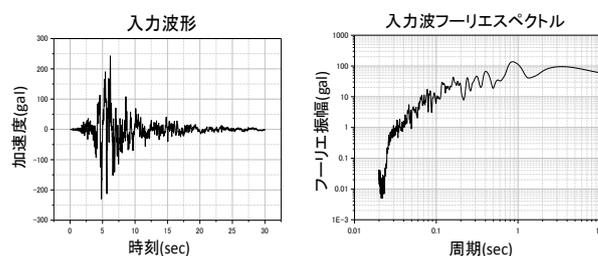


図2 入力地震動波形・フーリエスペクトル

図3, 図4に図2に示す地震動を入力した時の最大加速度深度分布と、各地点の地表面フーリエスペクトルを入力地震動のフーリエスペクトルを除いた伝達関数を示す。伝達関数は各周期帯の波の増幅率を示し、増幅率が大きい周期帯はその地盤の卓越周期を表している。図3より、波は基盤内では地表面に向かって単調増幅するのに対し、粘土層内では大きく減衰し、地表面付近(GL-3m~GL-4m)から地表面に向かって再び増幅する挙動が分かる。図4の伝達関数を見ると、粘土層厚が大きいほど、地盤モデルの卓越周期は長周期にあることがわかった。また、入力地震動の卓越周期(1.0s)と各地点の地盤モデルの卓越周期が不一致するため、粘土層内で減衰が起きると考えられる。図3に示す各

粘土層厚を有する地点の地表面の最大加速度値の絶対値と図 4 から読み取った各地盤モデルの卓越周期を表 1 に示す。一連の解析結果から、粘土層厚が大きいほど地表面における最大加速度値は小さいことが分かる。

表 1 解析で得られた地表面最大加速度と卓越周期

粘土層厚(m)	最大加速度(gal)	卓越周期(sec)
KiK-net 益城観測地震動	242.7	
3	616.9	0.35
4	438.7	0.6
8	209	1.8
12	177.4	1.8
16	178.5	1.8
20	144.2	1.8
21	145.6	1.8
28	140.5	3.5

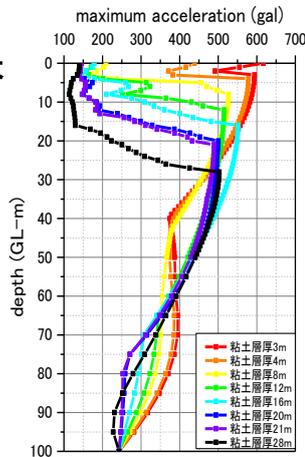


図 3 最大加速度深度分布

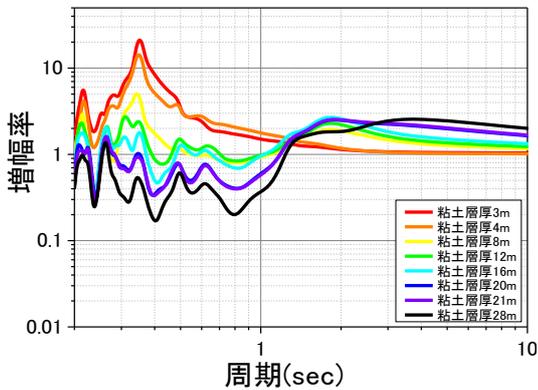


図 4 伝達関数

5. 入力地震動の違いが地盤震動に及ぼす影響

前述した図 4 の伝達関数より得られた地盤の卓越周期(表 1)を参考に、各地盤モデルに周期 0.35s(周波数 2.9Hz), 0.9s(1.1Hz), 1.8s(0.6Hz), 3.5s(0.29Hz)の sin 波を入力しその挙動を比較検討した。sin 波の加速度振幅は 100gal とした。図 5 に sin 波入力時の最大加速度深度分布を示す。地表面最大加速度、粘土層内の挙動を見ると、地盤の卓越周期と同じ周期の sin 波を入力時、波は粘土層内で増幅し、地表面に一番大きい加速度応答を示すことが分かる。粘土層厚が 3m の地盤は周期 0.35s, 粘土層厚が 28m の地盤は周期 3.5s の sin 波入力時に比較的大きい応答を示していることが分かる。以上より、地盤の震動は軟弱層厚に依存する地盤の卓越周期と入力地震動の周波数特性の相対的關係によって変動し、地盤の卓越周期に近い周波数帯の地震動を受けると大きな加速度応答を示す。

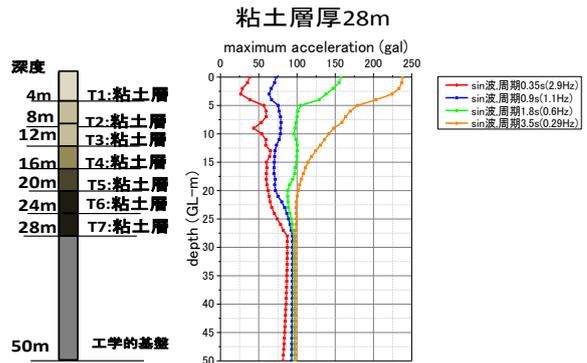
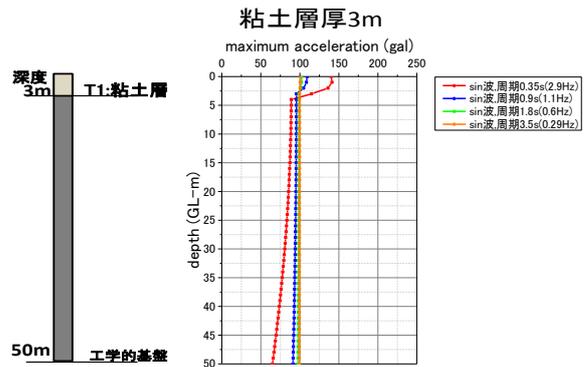


図 5 sin 波最大加速度深度分布

6. 結論

三重県鳥羽市大明地区の軟弱地盤を対象として、粘土層厚の違いが地盤震動を及ぼす影響を一次元動的解析によって検討した。その結果、粘土層厚により地盤の卓越周期が変化し、地盤の卓越周期と入力地震動の卓越する周期帯の關係性によって地盤震動特性が大きく異なることが分かった。地域の地盤震動を評価するためには、正確な地盤モデルの構築とその地域に発生する地震動特性のモデル化が不可欠である。

参考文献

- 1) 三村衛, 折井友香, 近藤隆義: デジタル化された地盤情報に基づく造成粘性土地盤の広域不同沈下評価, 自然災害科学 J. JSNDS 29-2 219-231, 2010.
- 2) ボーリングデータと微動探査を活用した表層地盤の三次元モデル化手法の開発に関する研究, 京都大学修士学位論文.
- 3) 地盤工学会ハンドブック, 1999; 土木学会編, 1989; Ishihara, 1996.
- 4) 二級河川加茂川地質調査報告書, 2015 年.
- 5) 安田進, 山口勇: 種々の不攪土における動的変形特性, 第 20 回土質工学研究発表会講演集, pp. 539-542
- 6) 防災科学技術研究所, 強震動観測網, KiK-net, データダウンロード, (2017, 11, 29)

(http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/docs/kyoshin_in dex.html)