

## 小丘陵地における地震動増幅に関する解析的検討

東京都庁 非会員 藤並雄誠 産業技術総合研究所 正会員 吉見雅行  
 法政大学 正会員 酒井久和 電力中央研究所 フェロー 佐藤清隆  
 法政大学 学生会員 ○石丸達也

### 1. はじめに

我が国は地震活動期に入り、発生が懸念されている南海トラフの巨大地震においては、自然斜面・盛土等の崩壊による道路寸断により、孤立地域の発生が懸念される。そのため山間部の斜面崩壊や道路盛土等の被災件数や被災規模を抑制する必要があるが、道路に近接する膨大な数の斜面に対して詳細な耐震性評価を行うことは現実的ではない。そのため、過去の地震被害と地表面最大速度 (PGV) や地表面最大加速度 (PGA) などの地震動強度を用いて統計的に推定する広域の安全性評価を行うことが必要である。また、山間部の地震動強度分布を精度良く、かつ簡易に求めるために、山地形による地震動の地盤増幅特性を適切に評価することが重要である。本研究では、構成要素がほぼ一様と想定される丘陵を対象に、山地形における地震動増幅特性を解析的に評価する。

### 2. 地盤調査

本研究では、3次元 FEM 解析コード 7S3<sup>1)</sup>を用いて時刻歴応答解析を行う。解析対象地は神奈川県三浦半島西海岸中部の小田和湾に面した低地に位置する小丘陵とする。藤並ら<sup>2)</sup>は国土地理院の基盤地図情報の標高データを用いて3次元モデルを作成し、各観測点(図1)の地盤増幅率を観測記録との比較を実施した。しかし、丘陵頂部に存在する風化した堆積層はモデルで再現していなかったため、堆積層上の ZDY05、ZDY06 地点については、0.1 秒以下の短周期成分がかなり過小に評価された。そこで、堆積層の地震動の増幅特性を把握することを目的として、観測丘陵においてスウェーデン式サウンディング試験を行った。得られた物性値を表1に示す。

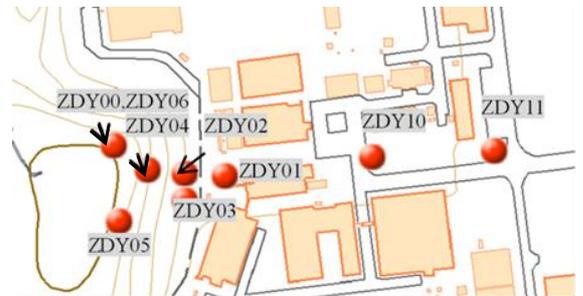


図1 観測地点

表1 試験結果から得られた物性値

全試験の平均	平均換算N値	2.6
	層厚(m)	4.2
	せん断波速度(m/s)	138

### 3. 地盤増幅率の比較

表1の得られた物性値をもとに、図1の丘陵の範囲で堆積層を再現したモデルを図2に示す。なお、堆積層の要素の色を赤色、それ以外を青色で示している。堆積層は標高45m以上において簡易的に再現した。堆積層を考慮していないモデルを model1、堆積層を考慮したモデルを model2 として地盤増幅率を観測記録と比較した。

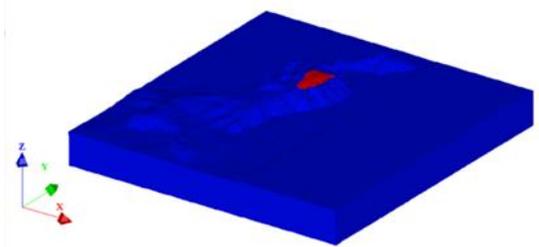


図2 堆積層を再現したモデル

図3のEW成分より、ZDY05、ZDY06地点において、model1で過小に評価されていた0.1~0.5秒の成分の波の計算精度がmodel2で大きく改善している。一方、ZDY06地点の0.1秒以下の短周期成分は最も差がある箇所でも1/10程度過小評価されている。NS成分を見ると、ZDY05地点は過小評価されていたすべての周期で観測値と概ね一致する解析結果となり、ZDY06地点は周期0.1秒以上の部分は観測値と近い値が得られている。ただし、ZDY06地点の0.1秒以下の応答倍率だけが観測値よりも1/6程度過小評価されている。

キーワード 地盤増幅率, 3次元FEM, 丘陵地, 山地形, スウェーデン式サウンディング試験

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町2-33 法政大学大学院 E-mail: tatsuya.ishimaru.3n@stu.hosei.ac.jp

4. 丘陵頂部における堆積層の固有周期

地盤の固有周期を得る簡易的な方法である 1/4 波長則を適用すると、表 1 の得られた物性値に対して、堆積層の固有周期は約 0.12 秒になる。一方、固有周期を算出できる中村・上野<sup>3)</sup>による微動 H/V スペクトルを用いると、地盤の周波数特性を推定できる。図 4 より、ZDY05 地点の卓越振動数は 8.0~9.0Hz 付近、ZDY06 地点の卓越震動数は 8.0~9.0Hz である。つまり、丘陵頂部に堆積した有機質土の固有周期は 0.1~0.125 秒であることが確認でき、1/4 波長則を用いて算出した固有周期と概ね一致している。

また、同様に、せん断波速度  $V_s=600\text{m/s}$  で層厚が 50m の水平成層地盤を仮定して、1/4 波長則を適用すると周期 0.3 秒付近が固有周期になるが、観測対象丘陵も標高が約 50m で  $V_s$  が 600m/s であり、図 5 の観測および解析 (model2) の結果より周期 0.3 秒付近の波が増幅して卓越することが示されている。つまり、山地形に対しても水平成層地盤の 1/4 波長則を適用できる可能性があることが分かる。

5. まとめ

丘陵のような不整形地盤においても 1/4 波長則を適用することができ、1/4 波長則によって求めた固有周期の波が卓越することが分かった。

参考文献

- 1) 土岐, 三浦, 大竹: 3次元ジョイント要素による地盤・構造物系の非線形振動解析, 土木学会論文報告集, No.322, pp.51-61, 1982.
- 2) 藤並, 吉見, 酒井, 佐藤, 池田: 地震観測に基づく山地形の地盤増幅率の考察, 土木学会論文集 A1 (構造・地震工学) Vol. 73, No. 4, 地震工学論文集, Vol.36, pp.907-913, 2017.
- 3) 中村, 上野: 地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第 7 回日本地震工学会シンポジウム講演集, pp.265-270, 1986.

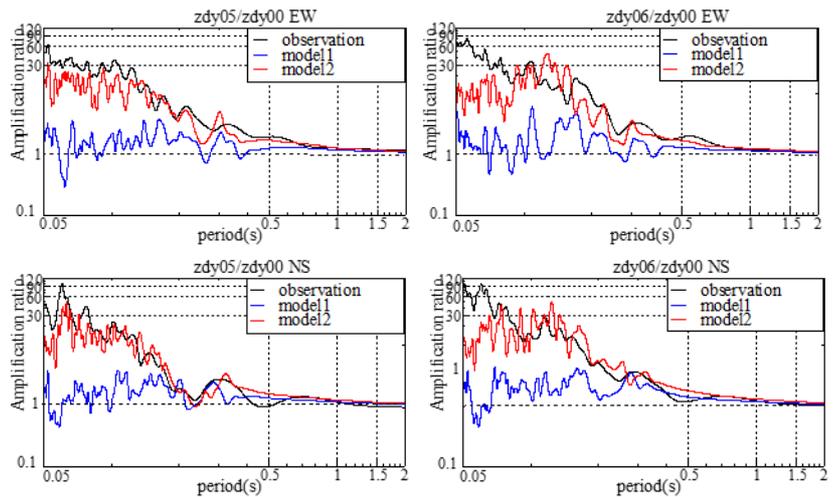


図 3 応答倍率 (堆積層考慮の有無と観測比較)

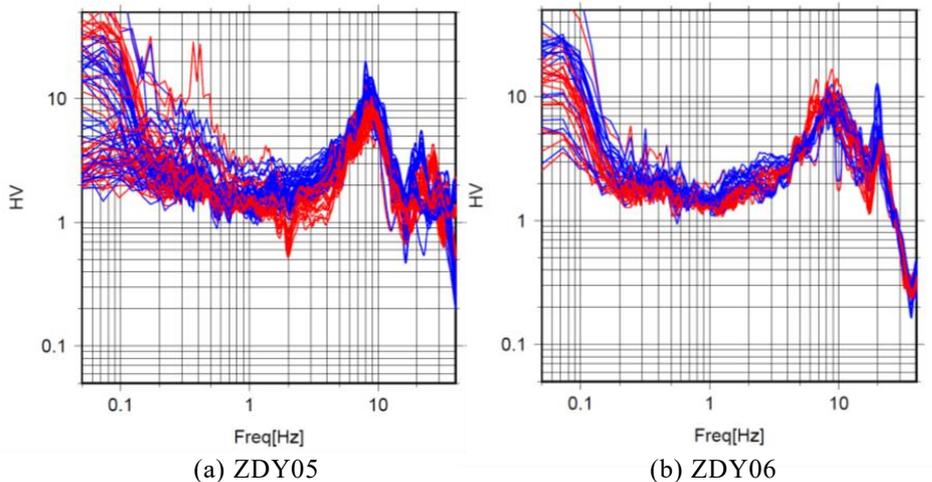


図 4 H/V スペクトル

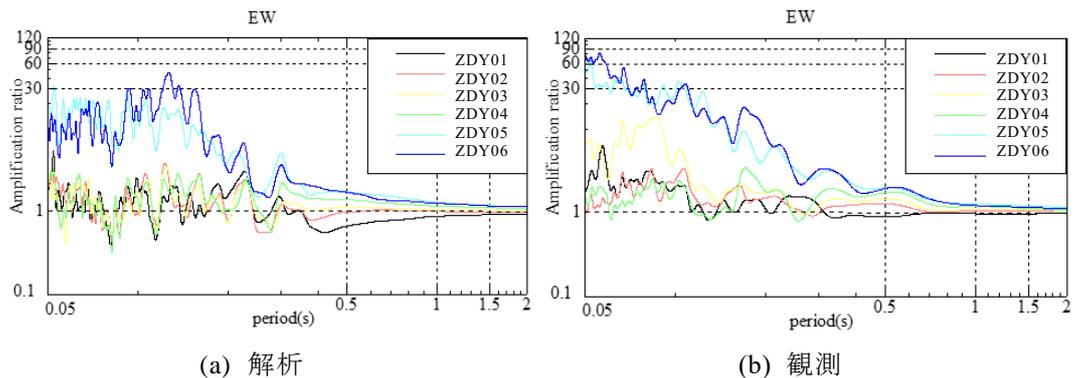


図 5 全観測点の地盤増幅率比較