

3次元 FEM に基づく山地形の地盤増幅率の推定

法政大学 学生会員 ○藤並雄誠 正会員 酒井久和 非会員 池田勇司

産業技術総合研究所 正会員 吉見雅行 電力中央研究所 フェロー 佐藤清隆

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害規模を抑制するために、広域に斜面の安全性評価を行う必要がある。各自治体などの被害想定において、地形分類を用いた簡易な地震動強度分布の推定が行われているが、これまでの強震動予測手法は社会資本や人口の密集した都市平野部を中心に精度向上が図られており、必ずしも山間部の予測精度が十分とは言えない。斜面の地震時安定性を評価する場合には、当該地点の地震強度を求める必要があり、筆者らは山地形の地盤増幅率について観測と解析による研究を進めている。本研究では、解析的な検討として構成要素がほぼ一様と想定される丘陵に対する地盤増幅率の周波数特性を観測値と対比して確認する。

2. 観測地点と FEM 解析 に用いた 3 次元モデル

本研究では、3次元 FEM 解析コード 7S3¹⁾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で、国土地理院の基盤地図情報の 5m メッシュ標高データを用いて 3 次元モデルを作成する。作成したモデルを図-1に示す。なお、図-1中の X 軸は東西方向（矢印方向が西）、Y 軸が南北方向（矢印方向が北）を表している。モデルの大きさは X 軸に 800m、Y 軸に 830m、Z 軸方向は地下 60m まで再現し、モデル高さは約 115m となっており、ソリッド要素を使用している。地盤パラメータは、対象地で行われた PS 検層²⁾と J-SHIS 地震ハザードステーションの深部地盤データより得られた数値を基に設定した（表-1）。底面の境界条件は粘性境界、側方には水平ローラー境界を用いている。入力地震動は地震観測³⁾によって得られた地震記録を

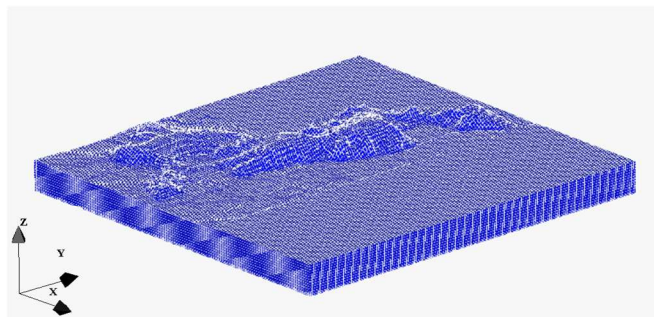


図-1 解析モデル

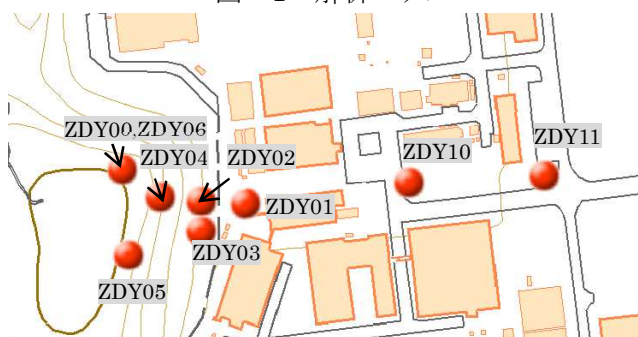


図-2 観測地点

表-1 地盤パラメータ

	せん断速度(m/s)	単位体積重量(tf/m ³)	ポアソン比
地下40m以浅	600	1.9	0.25
地下40m以深	900	2.1	0.40

加速度波形に積分したものをを用いる。観

測記録は丘陵部において図-2に示す7地点で得られており（ZDY00は丘陵地下に存在する地下抗内の観測点で ZDY01

～ZDY06は地表の観測点）、本研究では ZDY00 の記録をモデル底面から入力する。そして ZDY00 を基準として各観測点の応答倍率を算出し地盤増幅率とし観測記録との比較を行う。ただし、ZDY05、ZDY06 地点には本来風化した堆積層が存在するがモデルでは再現していない。

3. FEM 解析結果と観測値にもとづく地盤増幅率特性の比較

図-3の解析と観測記録の応答倍率（EW 成分）によると、ZDY01の応答倍率は周期 0.1 秒付近で観測記録よりも過小に計算されているが、0.15 秒以上の周期では観測記録と解析結果が近い値を示している。ZDY02～ZDY

キーワード 地盤増幅率, 3次元 FEM, 山地形, 地形効果

連絡先 〒162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学大学院 email:yusei.fujinami.6f@stu.hosei.ac.jp

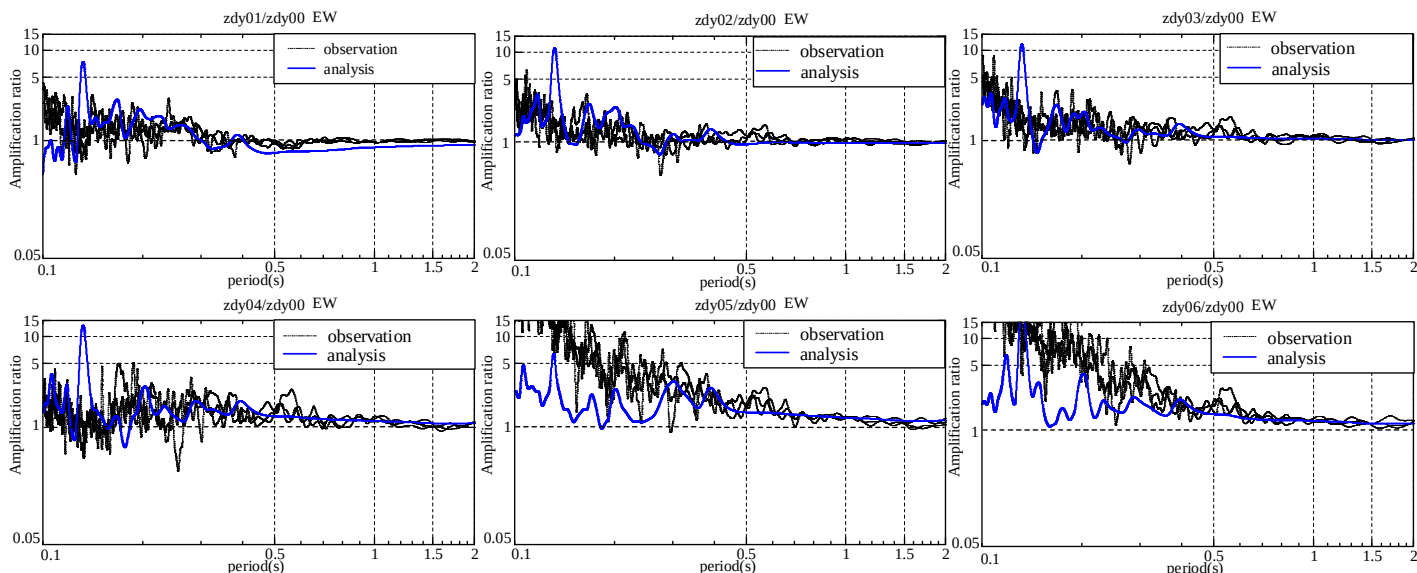


図 - 3 観測と解析による応答倍率の比較 (EW 成分)

04 は、周期 0.15 秒付近を除いて観測記録と解析結果が近い値を示していることが分かる。ZDY05, ZDY06 では周期 0.3 秒以上において解析結果と観測記録が近い値を示している。観測記録から周期 0.3~0.4 秒付近の応答倍率は標高が高くなるにつれて大きくなっており、解析結果でも同様の傾向があることが分かる。モデルにおいて丘の構成要素のせん断速度は 600m/s であり、標高が約 55m の丘に水平成層地盤の 1/4 波長則を適用して考えると、観測対象地のこの丘の固有周期が 0.3~0.4 秒付近にある可能性が考えられる。ZDY05, ZDY06 において周期 0.3 秒以下での解析結果が観測値よりも過小に計算されていることは、風化した薄い堆積層をモデルに考慮していないことが原因であると考えられる。

図 - 4, 5 に観測と解析結果に最も差異の大きかった NS 成分と UD 成分の ZDY01 の応答倍率を示す。図 - 4 によると周期 0.4 秒以下では観測結果と近い値を得ることができたが、0.4 秒以上の周期において応答倍率が過小に計算されていることが分かる。UD 成分についても、長周期側の応答倍率がすべて観測記録を下回っていることが分かる。この理由は、今後解析的に検討する。

4. まとめ

横須賀の丘陵を 3 次元でモデル化し、解析結果と観測記録を比較した結果、EW 成分については二つが良く一致する結果を得ることができた。また、そのことによってこの丘陵の固有周期が 0.3~0.4 秒付近にあることを確かめた。しかし、NS, UD 成分の ZDY01 の応答倍率が実際よりも過小に計算されている点については、今後、境界条件を変えるなどを行うことで改善する必要がある。また、ZDY05, 06 の堆積層を再現する必要もある。

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) 佐藤, 東, 芝, 阿部: 不整形地盤の地震応答特性 - 地盤構造の各種調査・モデル化と地震観測による震動特性 -, 電力中央研究所研究報告 U95061, 1996.
- 3) 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 (2017), No. 4, [特]地震工学論文集, Vol. 36 (掲載予定)

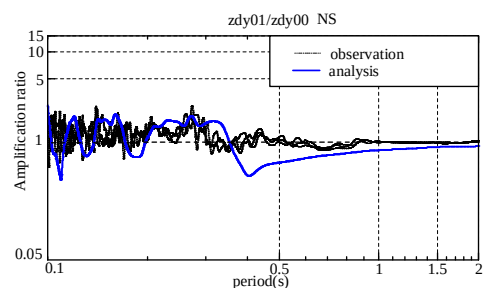


図 - 4 応答倍率比較 (NS 成分)

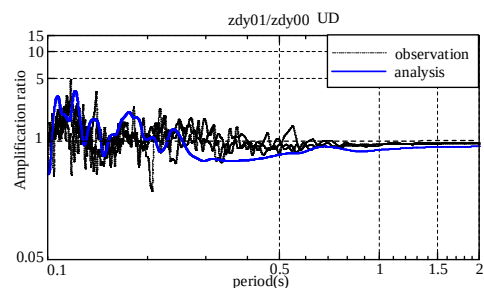


図 - 5 応答倍率比較 (UD 成分)