

# 原地形の違いによる谷埋め盛土の地震応答の差異

東北大学 学生会員 丸山 健太郎 正会員 風間 基樹・渦岡 良介・仙頭 紀明・森 友宏

## 1. 研究の背景と目的

盛土斜面は自然に堆積した地盤に比べ地震等による被害が発生しやすいことが知られている。さらに、その物理特性は把握しづらく、地震等の自然災害に対して対策を講じにくい。本研究では、谷埋め盛土の原地形や地形効果の違いにより生じる地震応答の違いを明らかにすることを目的とし、宮城県仙台市宮城野区鶴ヶ谷の谷埋め盛土斜面を二次元および三次元の有限要素モデルでモデル化し、地震応答解析を行った。また、その際に生じた地震波の伝播や増幅に関する特性について加速度時刻歴とフーリエスペクトルにより比較を行った。

## 2. 地震応答解析

本研究では、二次元モデルの解析と三次元モデルによる解析を行い、二次元モデルと三次元モデルの比較を行った。入力地震波は鶴ヶ谷の検討斜面で2007年4月12日に地山上の観測点P4で実際に観測されたものを用い、その波形を図-1に示す。なお、地震波の入力時間は40秒で、ここでのx方向は東西方向、y方向は南北方向、z方向は鉛直方向と設定した。

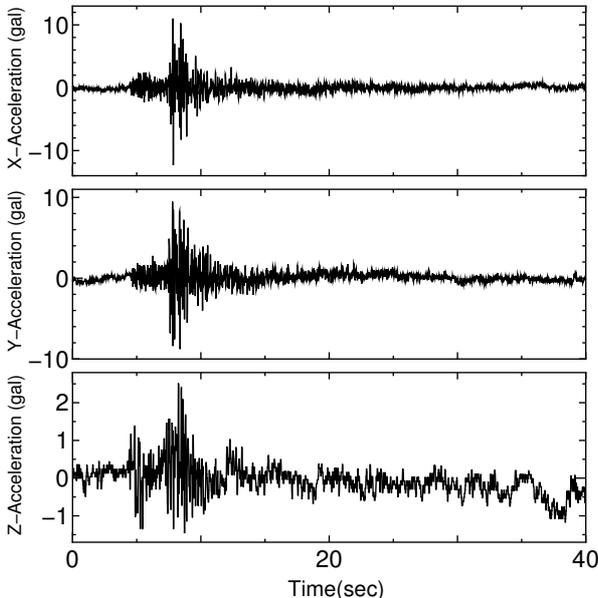


図-1 入力波の加速度時刻歴

### 2.1 解析モデル

今回の解析に用いた二次元および三次元有限要素モデル図-2および図-3に示す。二次元モデルは、谷埋め盛土の最深部と盛土斜面を通るように設定した。な

お、色の濃い部分が盛土で薄い部分が地山部分となっている。今回の解析では谷埋め盛土による伝播の影響のみを考えることと解析時間の短縮のため最薄部の地山部分の厚さは1mとした。境界条件については、二次元、三次元モデルとも底辺を完全固定とし、モデル側面はを上下方向に固定した。また、二次元モデルについては全節点の奥行き方向も拘束した。なお、入力地震波については、基盤厚が薄いため観測波形をそのまま基盤面に入力した。

### 2.2 材料パラメータ

この盛土斜面のせん断波速度は、表面波探査を行った結果170m/sである。地山部分については表面波探査で500m/s程度と計測できたが、その点では地山だけでなく盛土の影響も受けていたと考えられることから、仙台市地震被害想定報告書<sup>1)</sup>の値も考慮し、地山のせん断波速度は700m/sとした。これらより、盛土と地山のそれぞれのせん断弾性係数や減衰定数を設定した<sup>2)</sup>。今回の解析に用いた材料の物性値を表-1に示す。なお、減衰は表-1に示すRayleigh減衰として与えた。

表-1 地盤各層の物性値

	盛土	地山
密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	1.8	2.5
せん断弾性係数 $G$ (kN/m <sup>2</sup> )	$5.20 \times 10^4$	$1.23 \times 10^6$
poisson 比 $\nu$	0.3	0.3
減衰定数 $h$	0.030	0.015
固有振動数 $\omega_1$ (rad/s)	13.35	54.98
質量比例減衰定数 $\alpha_0$	0	0
剛性比例減衰定数 $\alpha_1$	$4.49 \times 10^{-4}$	$5.46 \times 10^{-3}$

## 3. 解析結果と考察

二次元解析と三次元解析の観測点P2~P4の応答加速度時刻歴を図-4に、それぞれのフーリエスペクトルを図-5に示す。ただし、P2およびP3は盛土部分、P4は地山部分にあり、P2における盛土厚はおよそ16m、P3における盛土厚はおよそ8mとなっている。

加速度時刻歴に注目すると、最大加速度についてはP2では三次元モデルの解析値が観測値と5%程度のズレと近い値が得られたが、P3ではどちらのモデル

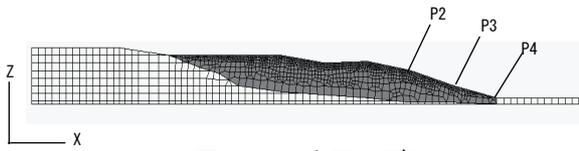


図-2 二次元モデル

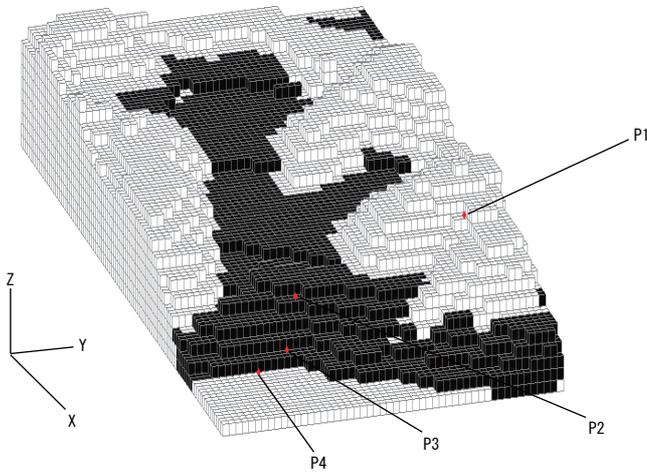


図-3 三次元モデル

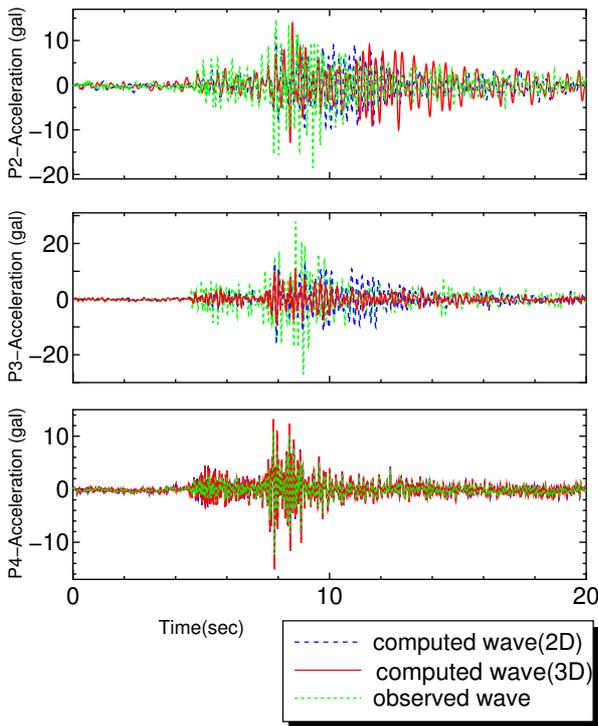


図-4 解析結果（加速度時刻歴）

も最大加速度の応答は観測値の半分以下と小さい値にであった。また、盛土厚が厚いP2では二次元モデルや観測値に比べ三次元モデルの減衰が遅れている。一方、盛土厚が薄いP3では三次元モデルや観測値に比べ二次元モデルの方が減衰が遅れている。このように全体に共通する考察は得られなかった。

次に、フーリエスペクトルに注目すると、三次元モデルに比べ二次元モデルの方が解析値と観測波が一致していることがわかる。また、P2とP3ともに10Hz

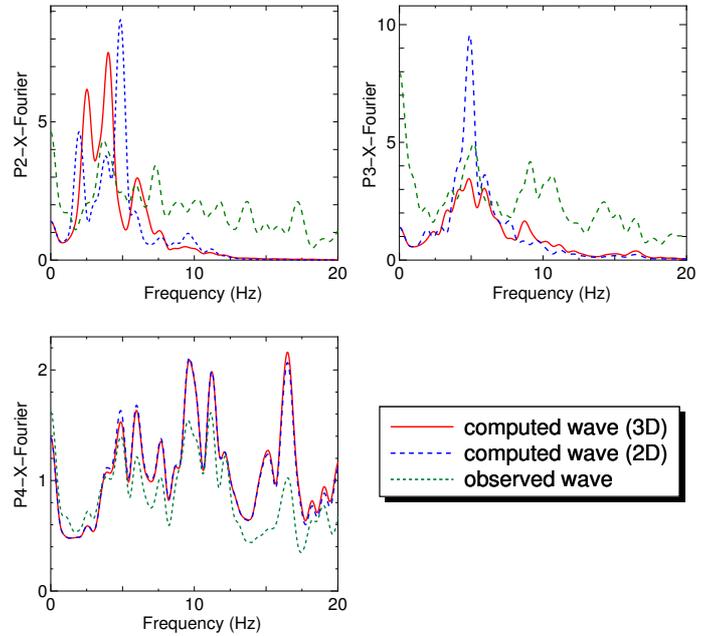


図-5 解析結果（フーリエスペクトル）

を超えてからスペクトルが出ていないのは、メッシュサイズによる影響と考えられる。さらに、P2とP3の両地点ともに二次元モデルの解析結果において、周波数が5Hzで三次元モデルのものに比べ大きく増幅していることがわかる。P3では一次モードの固有振動数がおよそ5Hzとなっており、それに反応して大きく増幅したことが原因と考えられる。また、P2では、一次モードの固有振動数はおよそ2.5Hzである。P2でもこの振動数においても増幅していることが読み取れる。なお、P2の5Hzでの増幅については一次モードの固有振動数とは異なっており、他の視点からの考察が必要である。この結果より、二次元モデルでは三次元モデルに比べ一次モードの固有振動数に対して敏感に増幅が起こることがわかる。なお、今回のモデルでは二次元モデルと三次元モデルのメッシュサイズが異なっており、それが原因である可能性もあるが、これについては今後の課題とする。

#### 4. 結論

本研究により、以下のような結論が得られた。

- フーリエスペクトルについては、二次元モデルを用いた解析に比べ三次元モデルを用いた解析の方が再現性の高い結果が得られた。
- 二次元モデルの方が三次元モデルに比べ、固有周期に対して敏感に増幅が起こる。

#### 参考文献

- 1) 仙台市：平成14年度 仙台市地震被害想定調査報告書,2002
- 2) 地盤工学会：地盤の動的解析 基礎理論から応用まで,2007