

## 山地形における地震動特性（その２）

### —数値シミュレーション—

東電設計(株) 正会員 栗田哲史・正会員 安中 正  
東京電力(株) 正会員 高橋 聡・正会員 嶋田昌義  
(株)ユニック 正会員 前原達也

#### １．はじめに

「山地形における地震動特性（その１）- アレー観測記録の分析 -」で示した通り、山地形の増幅特性を把握する事を目的として横須賀市内の山地においてアレー観測を行っている。1982年の観測開始以来蓄積してきたデータの中で最大級のものは、1987年12月17日千葉県東方沖地震において観測された記録である。この時、山麓で水平最大加速度  $50\text{cm/s}^2$ 、山頂で  $132\text{cm/s}^2$  が観測されている。本研究では、この記録をターゲットとして、2次元および3次元の有限要素法による数値シミュレーションを実施した。観測記録を良く説明できる解析モデルを作成し、シミュレーション解析の結果を分析することによって山地形の増幅特性を評価する事ができるものと考えている。

#### ２．数値シミュレーション手法

数値シミュレーションは、2次元および3次元の有限要素法によって行った。図-1に2次元の有限要素モデルを示す。モデルの断面は、地震計が全て含まれる面（X-Z面）を切り出した。図中の黒丸は地震計の位置を表す。境界条件は、底面が粘性境界、側面がエネルギー伝達境界である。入力波は水平および鉛直の入射波で規定し、P-SV波動場の解析となる。図-2に3次元の有限要素モデルを示す。境界条件は、底面・側面ともに粘性境界である。要素は20節点要素を用いた。入力波は水平2成分および鉛直1成分で与えた。尚、両解析とも周波数領域で行い、2次元解析は20Hzまで、3次元解析は10Hzまでを解析周波数帯とした。

2次元解析、3次元解析共に入射波は、No.5地震計の記録（3成分）を1次元波動伝播理論で入射面まで引き戻した波を用いた。

解析に用いた物性値は表-1に示す値を用いた。表の値は地震計設置時に行ったボーリング調査の結果に基づいている。

#### ３．シミュレーション結果

図-3に2次元および3次元解析によるシミュレーション結果と観測記録との山頂位置における時刻歴の比較を示す。ここで、3次元解析の周波数上限が10Hzまでしかないので、全時刻歴とも10Hzのローパスフィルター処理を行っている。解析結果は観測記録と良く一致していると言える。また、両者を見比べると、位相特性の比較において3次元解析の方が観測記録と良く一致している。

図-4に山頂位置におけるフーリエスペクトルの比較を示す。ここで、スペクトルは0.2Hzのバンド幅で平滑化している。X成分よりZ成分の方が観測記録との一致度が良い。また、2次元と3次元の比較では、3次元の方が良好である。

図-5にNo.5地震計に対する山頂のフーリエスペクトル比の比較を示す。Z成分における7Hz以上の領域が観測記録では大きくなっている。一方、解析ではこの現象があまり再現できていない。また、X成分に関しては観測記録に見られる2.9Hzのピークが、解析では2次元、3次元ともに低周波数側に表れている。しかし、2Hz以上で増幅が続く現象は表現できている。

#### ４．おわりに

山地形の増幅特性を把握する事を目的として、2次元および3次元の有限要素法による山地形における地震動のシミュレーションを実施した。観測記録との比較により、両者とも比較的良く山地形の増幅特性を再現できることが確認できた。2次元と3次元の比較では、3次元解析の方が観測記録を良く説明できる事が分かった。

キーワード：山地形、FEM解析、地震動、地形効果、増幅特性

連絡先：東電設計(株)地震技術部（〒110-0015 東京都台東区東上野 3-3-3 Tel. 03-4464-5569）

表 - 1 解析モデルの物性値

| No. | 層厚<br>(m) | Vp<br>(m/s) | Vs<br>(m/s) | 密度<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|-----|-----------|-------------|-------------|----------------------------|
| 1   | 4         | 1600        | 250         | 1.7                        |
| 2   | 4         | 1600        | 400         | 1.8                        |
| 3   | 10        | 1900        | 600         | 1.9                        |
| 4   | ∞         | 2000        | 700         | 1.9                        |

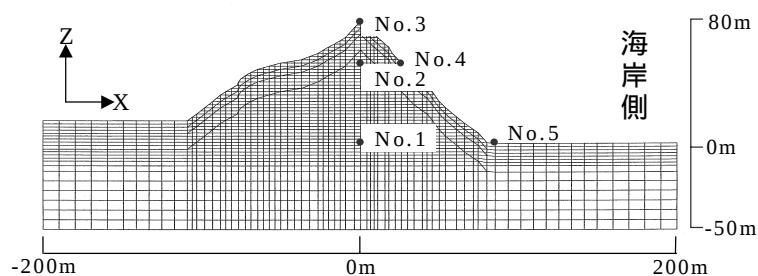


図 - 1 2次元解析モデル

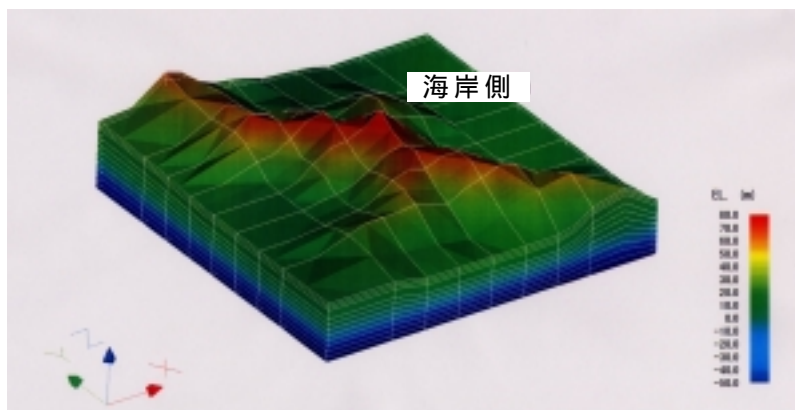
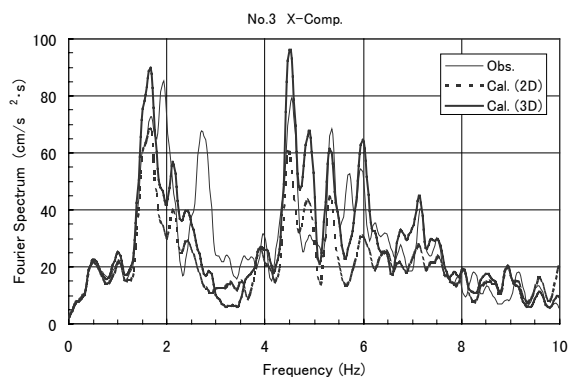
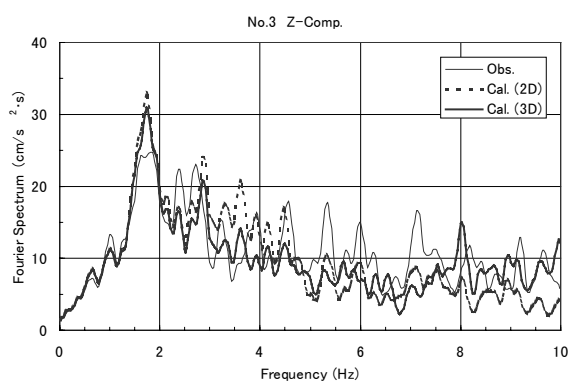


図 - 2 3次元解析モデル

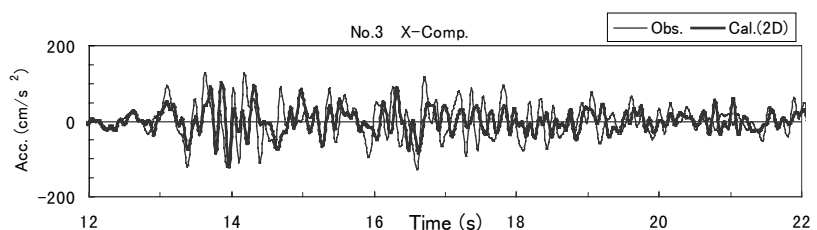


(1) X 成分

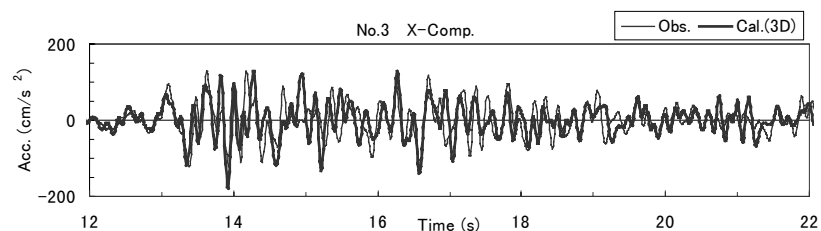


(2) Z 成分

図 - 4 フーリエスペクトルの比較

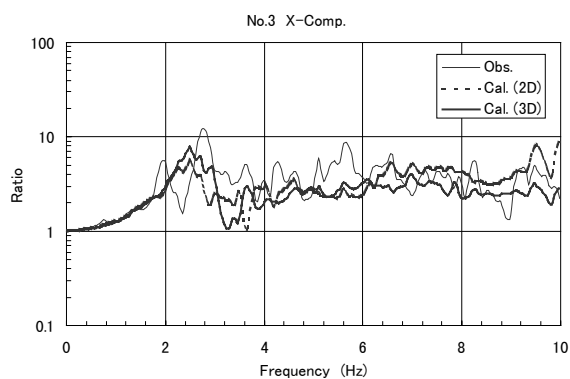


(1) 2次元解析と観測値との比較

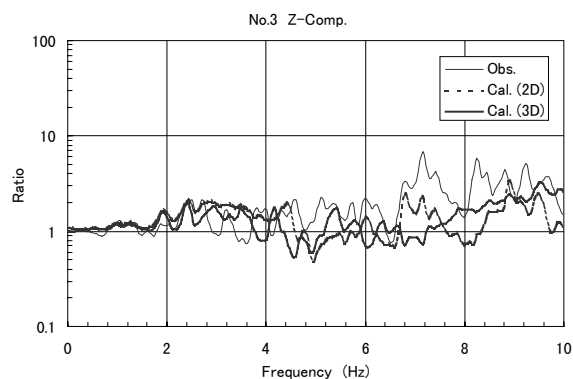


(2) 3次元解析と観測値との比較

図 - 3 時刻歴の比較



(1) X 成分



(2) Z 成分

図 - 5 フーリエスペクトル比の比較