

# PII-15 地震ならびに地震後の降雨を起因とする斜面崩壊地の3次元地震応答特性

神戸大学都市安全研究センター 沖村 孝  
 神戸大学都市安全研究センター 鳥居宜之  
 神戸大学大学院自然科学研究科 ○宿屋浩史

## 1 はじめに

兵庫県南部地震により六甲山系の山麓部および淡路島において、多くの山腹崩壊や地すべり性崩壊が発生し、その数は六甲山系で747ヵ所と言われている。しかし、地震の影響はそれにとどまるものではなく、地震後の降雨に伴って崩壊の拡大や新規崩壊が発生している。永井<sup>1)</sup>は、これまで2次元地震応答解析により地震および地震後の降雨による斜面崩壊の崩壊メカニズムを推定行っているが、自然斜面は3次元形状を有しているだけでなく、あらゆる力学現象も3次元的に生ずること、また、入力される地震動の3次元的影響が考慮されていないことから、本報では、兵庫県南部地震および地震後の降雨により発生した神戸市灘区の五助橋地区の崩壊地を対象として、3次元地震応答解析を行い、斜面崩壊地の3次元地震応答特性について考察する。

## 2 解析対象地の概要

神戸市発行の縮尺 1/2,500 の地形図より作成した、10m間隔で縦 16個、横 21 個の格子点からなる 150m×200mの地表を表すメッシュデータから、300 個の柱状 8 節点アイソパラメトリック個体要素からなる五助橋地区の崩壊が起きた斜面を含む3次元山体モデルを作成した。(図-1)この地区は住吉川上流に位置し、中央には五助橋断層が存在しており、地震および地震後の降雨により崩壊が多発した地域である。

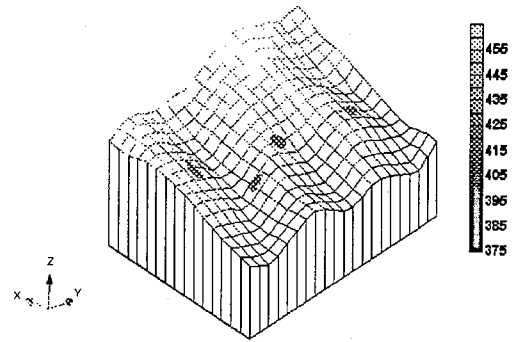


図-1 五助橋地区の3次元山体モデル

## 3 地震応答解析

### 3.1 入力波形

入力地震動として神戸大学工学部で観測された N-S 方向及び E-W 方向の地震動記録を五助橋断層直交方向に変換した波形と U-D 方向の波形を用い、断層直交方向を X 方向、断層方向を Y 方向、鉛直方向を Z 方向とし、図-2 に示す波形をモデル底面に同時に入力した。

### 3.2 入力物性値の設定

今回の解析において解析に用いた物性値は既存の資料<sup>2)</sup>を参考に設定(表-1)した。

表-1 入力物性値

	内部摩擦角 $\phi$ (deg)	ダイレイタン シー角 $\psi$ (deg)	ヤング率 E (kN/m <sup>2</sup> )	ポアソン比 $\nu$	粘着力 c (kN/m <sup>2</sup> )	単位体積重量 $\gamma_t$ (kN/m <sup>3</sup> )
基盤	30	12	500000	0.20	400.0	23.0

### 3.3 境界条件

本解析で用いた解析プログラムは解析コード quake3d8<sup>3)</sup> であり、この解析コードは解析モデルを弾完全塑性材料として評価しており、各節点における地震動載荷後の残留変位を評価することができる。また、境界条件としては、モデル底面の節点は3方向の自由度を変位拘束し、側面の節点に対しては水平方向の変位を拘束した。

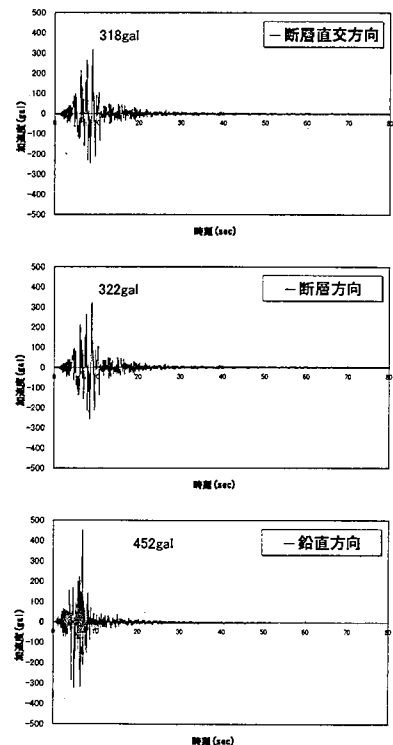


図-2 各方向の入力波形

#### 4 解析結果

解析の結果、崩壊地での最大応答加速度は、断層方向で約450～670gal、断層直交方向で約600～680gal、鉛直方向で約450～520galであり、鉛直方向での大きな増幅はみられなかった。また、断層方向、断層直交方向での増幅は同程度であるが、断層方向では標高が高いほど増幅される傾向がみられ、崩壊地を含まない尾根で最も大きな増幅がみられるのに対し、断層直交方向では崩壊地を含む尾根で最も大きな増幅がみられた。このことから、崩壊には断層直交方向の地震動が最も影響していたと考えられる。残留変位は断層方向、断層直交方向で約0.04m、鉛直方向で約0.02mであり、残留変位についても最大応答加速度と同様の傾向がみられた。ひずみに関しては、崩壊地では約 $5 \times 10^{-4}$ ～ $7 \times 10^{-4}$ と永井<sup>1)</sup>が求めた値とほぼ同じ値が得られたが、非崩壊地でさらに高い値を示している箇所もあり、崩壊地とひずみの関係を求めることはできなかった。

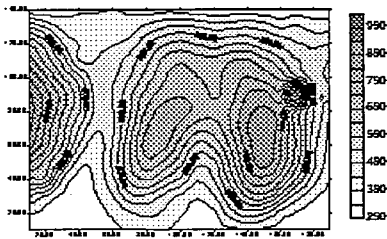


図-3 断層直交方向応答加速度等値線

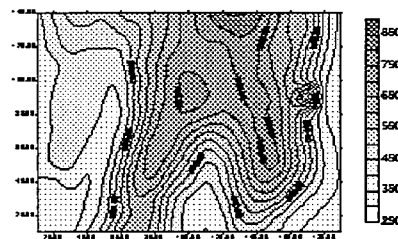


図-4 断層方向応答加速度等値線

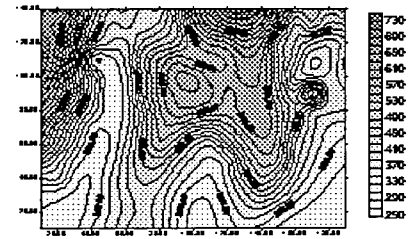


図-5 鉛直方向応答加速度等値線

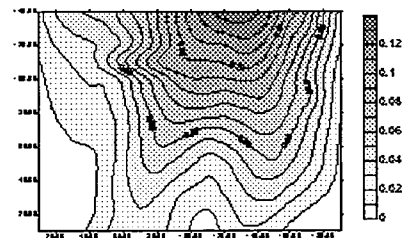


図-6 断層直交方向残留変位等値線

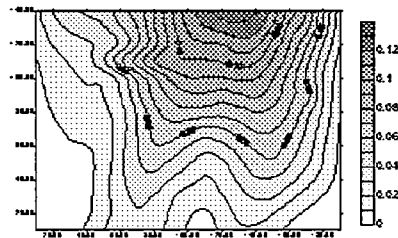


図-7 断層方向残留変位等値線

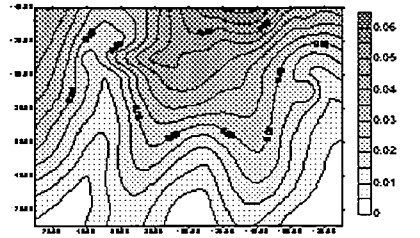


図-8 鉛直方向残留変位等値線

#### 5 おわりに

崩壊地での3次元地震応答特性を求めたが、対象区域が狭く、崩壊事例も少なかったことから、明確な応答特性が得られなかった。今後対象区域を広げ、解析を行う必要があると考えられ、また、本報では、山体を一層の花崗岩からなるとしてモデル化を行っており、今後は基岩を覆っている表土層をモデル化し、解析を行う必要がある。

#### 参考文献

- 1) 永井久徳：地震動が表土層に与えた影響について，建設工学研究所論文報告集，NO. 42-B，pp129-143，2000。
- 2) 山本彰ら：地震時における傾斜基盤層上斜面の不安定化要因と対策工の評価，大林組研究所報，No. 59，pp75-82，1999
- 3) 若井明彦：地盤振動の基礎理論と3次元動的弾塑性FEM，実務で役立つFEM講習会テキスト②，pp26-65，1998

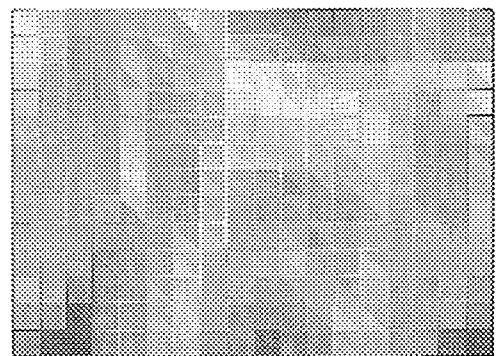


図-9 残留ひずみ分布図