# 熊本県西原村周辺における強震動シミュレーションのための地盤構造推定に関する研究 Estimation of the Ground Structure around Nishihara Village in Kumamoto to Simulate Strong Ground Motion

○小林 弘和・松島 信一 ○Hirokazu KOBAYASHI, Shinichi MATSUSHIMA

During The 2016 Kumamoto Earthquake, JMA seismic intensity 7 was observed at Nishiharamura-Komori and there were many damage to wooden houses in the village of Nishihara. Nishihara village is close to the surface rupture along the Futagawa fault during the mainshock of the Kumamoto Earthquake. As an attempt to understand the characteristics of the strong ground motion at Nishihara village during the mainshock, we first tried to construct a ground structure. We calculated the earthquake Horizontal-Vertical spectral Ratio (EHVR) of the observed aftershocks of The 2016 Kumamoto earthquake. By applying the diffuse field concept to EHVRs, we estimated velocity structures which reproduces the observed EHVR well.

## 1. はじめに

平成28年(2016年)熊本地震では、本震(平 成28年4月16日1:25)時に益城町宮園と西原村 小森において震度7が観測された。特に、西原村 小森では周期3秒の揺れが卓越し、水平方向に約 1.6m、上下方向に約2mの永久変位が観測された <sup>1)</sup>。西原村は熊本地震の際に地表地震断層が出現 した布田川断層帯上またはその周辺に位置し、建 物の倒壊率も高かった。このため、断層近傍にお ける地震動分布を推定し、建物被害と地震動の関 係を明確にするための強震動シミュレーションを することを目的に地盤構造モデルの構築を試みた。

本研究では、拡散波動場理論<sup>2)</sup>に基づく地震動 水平上下スペクトル比(EHVR)に関する理論計 算手法<sup>3)</sup>を用いて、熊本県西原村周辺で観測され た平成28年熊本地震の余震記録から地盤構造を 観測点ごとに推定するとともに、各観測点で得ら れた地盤構造を使用して3次元地盤構造モデルを 構築した。

#### 2. 観測地点概要と観測記録の EHVR

研究で用いる余震観測記録は、熊本県西原村周辺 で臨時余震観測を行った 15 地点および防災科学 技術研究所の強震観測網 K-NET<sup>4)</sup>の大津観測点

(KMM005)である。臨時余震観測点は、京都大 学防災研究所が観測した KD01~KD05、東工大・ JR 総研・東大地震研・福岡教育大が共同で観測し た K14、K15、K21、K22、K24、九州大学・鉄道 総研が共同で観測した QS1~QS5 である。観測点

#### 位置を Fig.1 に示す。

次に得られた地震動について、時刻歴波形から 目視でS波到達時刻を読み取り、S波到達時刻以 降の40.96sを切り出してEHVRを計算し、観測点 ごとに観測期間中の平均EHVRを算出した。なお、 3成分のうち1成分でも最大加速度が100cm/s/sを 超える記録は、地盤が非線形化した可能性を考慮 して除いた。



Fig.1 Aftershock observation points

例として、KD01 における EHVR の南北/上下 成分と東西/上下成分を Fig.2 に示す。Fig.2 より、 KD01 においては 0.4Hz と 3Hz 周辺にピークが確 認できた。EHVR の各成分のピーク振動数・ピー ク振幅を比較し、文献<sup>5)</sup>を参考に観測記録として 使用する成分を決定した。他の観測点においても 同様に成分ごとの EHVR を算出し、次節で述べる 地盤構造同定の際の観測記録として使用する。



Fig.2 Observed EHVR (KD01)

## 3. 地盤構造の同定

拡散波動場理論に基づいて地震基盤以浅の1次 元地盤構造を同定する。構造探査には実数型遺伝 的アルゴリズムと焼きなまし法を組み合わせたハ イブリッドヒューリスティック法<sup>の,7)</sup>を用いる。本 研究では400個体、300世代の計算を10回行い、 残差が最少のものを最適モデルとする。なお、残 差は0.1~20Hzの範囲で計算をする。減衰は全層 1.1%の履歴減衰を仮定した。初期モデルは全7層 で、浅部はK-NET大津のS波速度と層厚を用い、 それにJ-SHIS<sup>8)</sup>の深部地盤構造を組み合わせた。

S 波速度構造を同定した例として KD01 の結果 を Fig.3 に示す。初期モデルと比較して観測記録 をよく説明する地盤構造モデルを同定した。



Fig.3 Observed and theoretical EHVR (KD01)

#### 4. 同一速度構造モデルの構築

強震動シミュレーションには単点の地盤構造モ デルよりも、3次元地盤構造モデルを使用した方 がより現実に近い状況を想定できる。そこで、各 観測点で得られた地盤構造モデルを元に同一速度 構造モデルを作成する。3. において得られた地 盤構造モデルを Table 1 に示す S 波速度に応じて 6 層に分類し、各観測点における各層の平均 S 波速 度を全地震動観測点で平均化することで同一速度 構造モデル各層の S 波速度(Table 2)を求めた。 その後、各観測点における同一速度構造モデルの 層厚を3. と同様にハイブリッドヒューリスティ ック法を用いて同定し、nearest neighbor 法<sup>9</sup>を使 用して各観測点間の情報を補間することで 3 次元 地盤構造モデルを作成する。

ruble i runge of birare				
Velocity		of equal velocity model		
層番号	Vs (m/s)の範囲		層番号	Vs (m/s)
1	0~350		1	160
2	350~700		2	520
3	700~1700		3	1190
4	$1700 \sim 2700$		4	2180
5	2700~3300		5	2920
6	3300		6	3300
		_		

Table 2 Swave velocity

Table 1 range of Swave

5. まとめ

熊本県西原村周辺に設置した臨時余震観測点で 観測された熊本地震の余震観測記録からEHVRを 得た。各観測点において観測EHVRをよく説明す る1次元地盤構造を推定した。また、推定した単 点での地盤構造モデルから同一速度構造モデルを 構築した。今後は、得られた3次元地盤構造モデ ルを使用して、強震動シミュレーションを行う。

### 謝辞

本研究は、科学研究費補助金の一環として実施し、 同補助金の支援を受けた東工大、JR 総研、東大地 震研、福岡教育大の共同研究による余震観測データ を提供頂いた。防災科学技術研究所の強震観測網 K-NET のデータを使用した。

## 参考文献

1)岩田(2016), http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/iwata/welc ome.html、2) Sánchez-Sesma et al. (2011) GJI、3) Kawase et al. (2011) BSSA、4) Aoi et al. (2004) JAEE、 5) Matsushima et al. (2014) BSSA、6) 山中 (2007) 物理探査、7) Nagashima et al. (2014) BSSA、8) 防災 科学技術研究所, 地震ハザードステーション (J-SHIS)、9) Wessel and Smith (1998) AGU