

アレー微動及び地震動サイト特性を用いた K-NET 築館の  
表層地盤構造および非線形特性の推定

Inversion of Velocity Structure at K-NET Tsukidate Site Based on the Array Microtremors and  
Observed Ground Motions and Its Nonlinearity

○早川崇・佐藤智美・大島光貴・川瀬博・松島信一・長嶋史明・フロレント マルタン  
○Takashi HAYAKAWA, Toshimi SATOH, Mitsutaka OSHIMA, Hiroshi KAWASE,  
Shinichi MATSUSHIMA, Fumiaki NAGASHIMA, De Martin Florent

We estimated the 1D velocity structure beneath Tsukidate K-NET station based on the microtremor measurements and the site response by spectral inversion. Using the estimated velocity structure, we did the simulations of the strong ground motions during the 2011 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake and several other large earthquakes by equivalent linear method. The stress-strain and damping-strain relations have been estimated by fitting the predominant frequencies of theoretical S wave amplification to those of the large acceleration records of the earthquakes.

1. はじめに

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震では、K-NET 築館において 2700Gal の極めて大きな加速度が観測された。同サイトの観測記録の理解を目的として、サイト直下の一次元速度構造および地下 10m までの表層地盤の非線形特性を推定した。

2. 線形時の K-NET 築館直下の速度構造推定

サイトから約 50m 離れた地点を中心としてアレー微動計測を行い、一次元速度構造を推定した。さらに、地盤非線形の影響が小さい小振幅レベルの地震記録のスペクトルインバージョンによるサイト特性<sup>1)</sup>のピーク振動数が再現できるように、極表層部分を修正してサイト直下の速度構造を推定した。図 1 に微動アレーの計測地点を示す。表 1 に推定された地下構造を、図 2 にサイト特性と推定モデルの地表/地震基盤上面間の理論 S 波増幅率を示す。



図 1 アレー微動計測地点

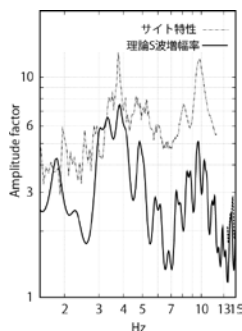


図 2 サイト特性と理論 S 波増幅率

3. 非線形特性の推定

K-NET 築館における複数の大地震の強震記録の水平/上下のスペクトル比において、地盤非線形によって低振動数化したと考えられる S 波増幅の卓越ピークを同定した。次に粘土の平均および標準偏差のひずみ~剛性低下率曲線、ひずみ~減衰定数曲線<sup>2)</sup>を第 1 層と第 2 層に適用し、等価線形化手法による応答解析を実施して低振動化した S 波増幅のピーク振動数を説明できる非線形特性を推定した。表 2 に観測と等価線形解析による地表/工学的基盤上面間の理論伝達関数のピーク振動数の比を示す。平均の非線形特性が最も 1 に近く、大地震の S 波増幅率のピーク振動数を説明していることから、表層 10m 以浅の低 S 波速度の層は平均的な粘土の非線形特性と考えられた。

参考文献 1) 佐藤智美：土木学会地震工学論文集, 27 巻, pp. 1-8, 2003 2) 今津雅紀, 福武毅芳：土質工学研究発表会講演集, pp. 509-512, 1986

表 2 S 波増幅のピーク振動数

層	密度 (g/cc)	S波速度 (m/s)	層厚 (m)	Q
1	1.8	1171	5	4.2
2	1.8	159	5	5.7
3	2.0	514	20	9.5
4	2.0	429	50	7.9
5	2.0	654	140	12.1
6	2.3	1591	320	29.5
7	2.3	1899	660	35.2
8	2.6	3000	0	55.6

解析ケース (非線形特性)	地震	サイト特性 4Hzのピーク		サイト特性 9Hzのピーク	
		観測 (Hz)	理論/観測	観測 (Hz)	理論/観測
ケース1 (平均)	東北地方太平洋沖	2.16	1.23	5.66	1.22
	岩手宮城内陸			5.32	1.32
	宮城沖	3.78	0.83	8.73	0.95
	宮城県北部			8.96	0.95
	平均		1.03		1.11
ケース2 (+標準偏差)	東北地方太平洋沖	2.16	0.87	5.66	0.82
	岩手宮城内陸			5.32	0.87
	宮城沖	3.78	0.69	8.73	0.78
	宮城県北部			8.96	0.79
	平均		0.78		0.82
ケース3 (-標準偏差)	東北地方太平洋沖	2.16	1.45	5.66	1.48
	岩手宮城内陸			5.32	1.59
	宮城沖	3.78	0.91	8.73	1.04
	宮城県北部			8.96	1.03
	平均		1.18		1.29