

# K-NET 地震記録を用いた平均S 波速度による地盤増幅度の推定

東京大学大学院 学生員

田村 勇

東京大学生産技術研究所 正会員

山崎文雄

理化学研究所地震防災フロンティア研究センター 正会員

Khosrow T. Shabestari

## 1. はじめに

地震被害想定や早期被害推定システムなどにおいては、広域の地震動分布を知ることが重要である。その際、地盤増幅度を考慮する必要があるが、これを一般に入手可能なデータに基づいて簡便に推定する手法が望まれる。地盤の増幅特性を簡易に推定する方法としては、日本全国を1kmメッシュでカバーしている国土数値情報に含まれる地形・地質条件を用いる研究が最近幾つか行われている<sup>1), 2)</sup>。しかし、地形情報・地質情報に基づく増幅度の分類は、ある程度地形を反映しているといえるが実用的には各分類内においてかなりばらつきが大きいという問題点もある。本研究においては地形・地質による分類は考慮せずに、表層地盤の平均S波速度(AVS)のみをパラメータとして地盤増幅度の推定を行う方法を提案する。

## 2. 地盤増幅度の推定方法

Shabestari and Yamazaki<sup>3)</sup>は K-NET95 型地震計で、全国 1003 個所のうち、1996 年 5 月から 1998 年 12 にかけて観測された 94 地震で 2 つ以上の記録のとれた 823 個所について水平上下 3 成分 6017 組の記録を用いて、最大加速度(PGA), 最大速度(PGV), SI 値, 応答スペクトル, 計測震度の距離減衰式を構築した。ここでは、これらの距離減衰式における観測点の相対的な揺れ易さを表す地点係数によって地盤増幅特性を表現する。回帰分析には、以下の(1)式に示される関数型を用いた。

$$\log_{10} y = b_0 + b_1 M_j + b_2 r - \log_{10} r + b_4 h + c \quad (1)$$

ここで  $y$  は地震動強度指標値,  $M_j$  は気象庁マグニチュード,  $r$  は断面層への最短距離,  $h$  は震源深さ,  $b_0, b_1, b_2, b_4$  は回帰分析により求める係数である。  $c$  は地点係数であり、全観測点に対する平均値は 0 である。地盤増幅度を  $AR$  とすると  $AR=10^c$  となり、平均地盤に対する増幅度が求まる。

## 3. 平均S 波速度について

### (1) 平均S 波速度の計算方法

地盤の平均S波速度は、1m ピッチのS波速度を調査している K-NET の地盤データを用いて計算した。ここで、AVS の計算方法について、1m ピッチのデータを深さで単純平均をとる(式(2))、深さをS波速度の伝播時間で除する((式(3))の2つがある。ここでは、を「AVS(層厚)」、 「AVS(走時)」と表記し、両者について検討を行う。

$$\bullet \text{AVS(層厚)} \quad AVS(d) = \sum V_{si} h_i / d \quad (2) \quad \bullet \text{AVS(走時)} \quad AVS(d) = d / \sum \frac{h_i}{V_{si}} \quad (3)$$

### (2) 平均S 波速度を用いる妥当性の検証

多層系において、地盤増幅度は主に表層のS波速度に依存するということが既往の研究より得られている<sup>4)</sup>。ここでは、表1に示す一次元線形地盤モデルを用いて検証を行い、AVSを入力とすることの妥当性を確認する。解析の手順は、まず3層系の地盤モデルの一次ピークが等しくし、ほぼ近似した伝達関数となる2層系の

表1 解析に用いた地盤モデル

		case1	case2	3 層系
3層系	V1 (m/s)	200	100	
	V2 (m/s)	400	400	
	H1 (m)	10	5	↑
	H2 (m)	10	15	
等価な2層系	V <sub>opt</sub> (m/s)	225	130	↓
	H <sub>opt</sub> (m)	13.0	7.0	
	AVS(H <sub>opt</sub> )(走時)	226	127	
	AVS(H <sub>opt</sub> )(層厚)	246	185	

のパラメータ( $V_{opt}$ ,  $H_{opt}$ )を求める。この時の伝達関数は図1に示す。次に、 $V_{opt}$ と  $AVS(H_{opt})$ の比較を行った(表1)。この結果より、3層系の1次ピークを等しくする2層系を作ることが可能であることが得られた。また、この地盤モデルにおいては  $V_{opt}$ と  $AVS(H_{opt})$  (走時)はほぼ等しいという関係を持つ。 $H_{opt}$ はモデルごとに変化するが、実際の地盤情報がないと伝達関数を計算することはできないため、適当な深さにおける AVS に地盤特性を代

キーワード: K-NET, 平均S波速度 地盤増幅度

連絡先: 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 TEL:03-5452-6001 (Ext:58072) FAX:03-5452-6389

表させることが実用的であろう。ここでは、検証を行ったモデルの数が少ないため、より詳細な検討が必要と思われるが、AVS を地盤増幅度を代表させるパラメータとして用いることの妥当性は示せたといえよう。

#### 4. 平均S波速度と地盤増幅度の関係

ここでは前節の結果に基づいて AVS を表層より 1mピッチで計算し AVS と地盤増幅度との相関の深さ方向の変化を調べる(図2)。相関の度合いを示す指標として、決定係数を用いた。図2より、地盤増幅度を AVS(走時)と比較した方が、増幅度との相関がピーク深いところ得られる。また、AVS と PGA 増幅度の相関は低く、相関が最大となる深さは比較的浅いことがわかる。一方、PGV や SI 値の増幅度との相関は比較的高く、相関のピークも全体的に深くなる。AVS と地盤増幅度の相関がそれぞれ最大となるケースにおける決定係数、ピーク深さについては表2に示す。図2および表2より、AVS(走時)と地盤増幅度の相関が高くなっており、また図2の形状から、AVS(走時)のケースの方がより相関が高くなる、ということが示唆される。そこで、AVS(走時)と PGA、PGV、SI 値の増幅度との間の回帰直線式をそれぞれ求める(式(5) (7))。ここでは  $V_s=600$  m/s の地盤を基準(増幅度=1.0)とした 図3に AVS(20) 走時と PGV 増幅度の関係を K-NET データとともに示す。

#### 5. 結論

本研究では、平均S波速度(AVS)を入力として、地盤増幅度を推定する方法について検討した。また、地盤モデル解析により AVS によって地盤特性を表現することの妥当性を示した。K-NET 地震記録による距離減衰式から得られた地盤増幅度と AVS の相関を 1mピッチで調べ、地形・地質情報を考慮しなくても適当な深さの AVS に対して地盤増幅度との相関が高いことが示された。今後は、K-NET 以外の地震記録についての同様の検討することが必要であると思われる。また、平均S波速度で地盤特性を代表させることに関するより詳細な検討、地形・地質との関連付け、地震動特性を考慮に入れた検討なども行う必要があると思われる。

#### 【参考文献】

- 1) 松岡昌志, 翠川三郎: 国土数値情報を利用した地盤の平均S波速度の推定, 日本建築学会構造系論文報告集, 第443号, pp. 65-71, 1993.
- 2) 大西淳一, 山崎文雄, 若松加寿江: 気象庁地震記録の距離減衰式に基づく地点増幅特性と地形分類との関係, 土木工学会論文集, No.626, pp.79-91, 1999.
- 3) K. T. Shabestari and F. Yamazaki : Attenuation Relation of Response Spectra in Japan Considering Site-Specific Term, 12<sup>th</sup> WCEE ref. No. 1432, 2000.
- 4) 井上涼介, 伯野元彦: 地盤の鉛直剛性分布が地表地震動特性に及ぼす影響, 土木学会論文報告集, 第310号, 1981.

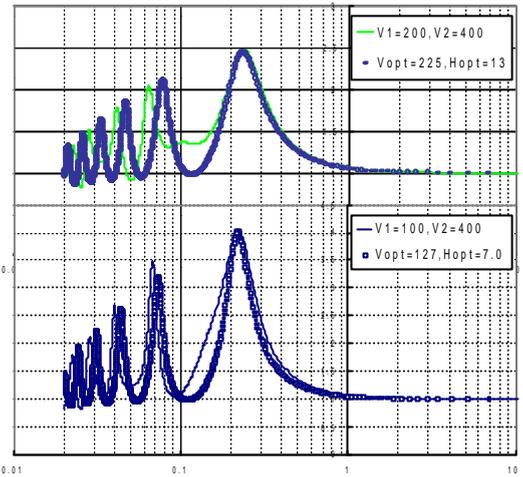


図1 3層系と等価な2層系の伝達関数の比較

表2 相関が最大となる深さ

	深さ	決定係数
PGA(層厚)	5m	0.132
PGA(走時)	8m	0.128
PGV(層厚)	14m	0.365
PGV(走時)	20m	0.368
SI(層厚)	15m	0.379
SI(走時)	20m	0.378

$$\log(AR_{PGA}) = -0.436 * \log(AVS(8)) + 1.21 \quad (5)$$

$$\log(AR_{PGA}) = -0.734 * \log(AVS(20)) + 2.03 \quad (6)$$

$$\log(AR_{SI}) = -0.785 * \log(AVS(20)) + 2.18 \quad (7)$$

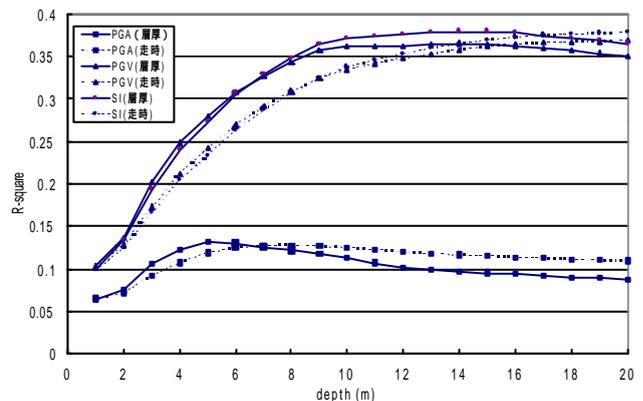


図2 AVS と地盤増幅度の相関の深さ方向の変化

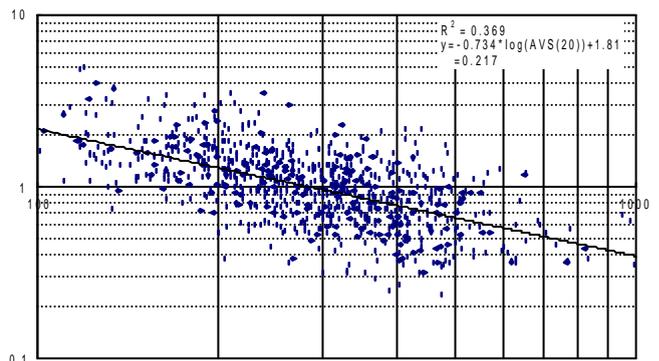


図3 PGV 増幅度と地盤増幅度の関係