

## 表層 30mの平均 S 波速度と地盤増幅率の関係

芝浦工業大学大学院 学生員 鈴木 誠之  
 芝浦工業大学 正会員 紺野 克昭  
 国土技術政策総合研究所 正会員 長尾 毅

### 1. はじめに

表層 30mの平均 S 波速度  $V_{s30}$  と地盤増幅率とは相関があることが指摘されている。 $V_{s30}$  を推定するには PS 検層が必要であるが、 $V_{s30}$  は常時微動からも比較的容易に測定できる<sup>1)</sup>。微動は比較的低コストで測定が可能なので、例えば微動を用いて地盤増幅率に関するサイズミック・ゾーニングマップの作成が可能となる。このように  $V_{s30}$  は地震防災上、有効に活用されることが期待できる。したがって  $V_{s30}$  と地盤増幅率との関係を明確にしておくことは重要なことである。そこで本研究では、150 の地盤モデルを用いて  $V_{s30}$  と地盤増幅率の関係を検討したので報告する。

### 2. 解析手法

解析には、横浜市150箇所に配置されている高密度強震観測点におけるPS検層の結果を基に作成した地盤モデルを用いる。

計算には、地震応答解析プログラムDYNEQ<sup>2)</sup>を用いた。入力地震波は23個の地震波形<sup>3)</sup>を用いた。入力地震波は工学的基盤 ( $V_s=700\text{m/s}$ )に開放基盤波として解析を行った。表層で得られた最大加速度を入力加速度の最大値で割ったものを地震波の増幅率(以下A)と定義する。解析に用いた地盤はすべて線形であると仮定し減衰定数 $h(\%)$ は、 $h = 750/V_s$ とした。ここで $V_s$ は地盤のS波速度(m/s)を表す。

横浜市 150 地点における地盤の卓越周期  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係をあわらしたものが図1である。 $V_{s30}$  と地盤の卓越周期には相関があり、以下の回帰式が得られた。

$$\log(T_g) = 0.238 - 0.00266 \times V_{s30} \quad \dots(1)$$

### 3. 解析結果

1993年釧路沖地震の地震波(図2)を用いたときの  $V_{s30}$  と A の関係を図3に示す。 $V_{s30}$  が  $370(\text{m/s})$ 以下ではばらつきが見られるが  $370(\text{m/s})$ 以上では  $V_{s30}$  と A には逆比例関係があることが見てとれる。他の地震波についても、ある  $V_{s30}$  以上では逆比例の関係が見られた。本研究ではこの  $V_{s30}$  を  $V_{s30c}$  と呼ぶことにする。

釧路沖地震の地震波の加速度フーリエスペクトルを最大値が1となるように正規化したものと、横浜市 150 地点における地盤の卓越周期  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係をあわらしたものが図4である。地震波のピーク周期  $T_e$  は  $0.17(\text{sec})$ である。地盤の卓越周期  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係によって得られた式(1)を用いることによって、

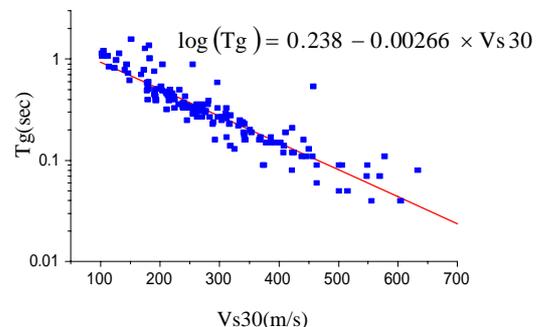


図1. 横浜市150地点の  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係

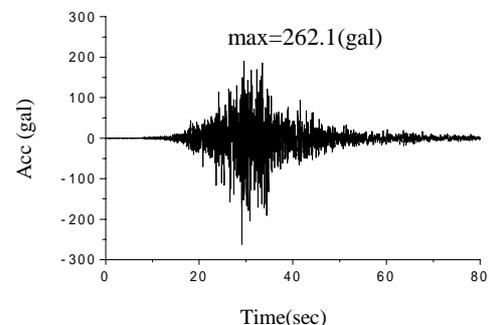


図2. 釧路沖地震波形(釧路気象台)

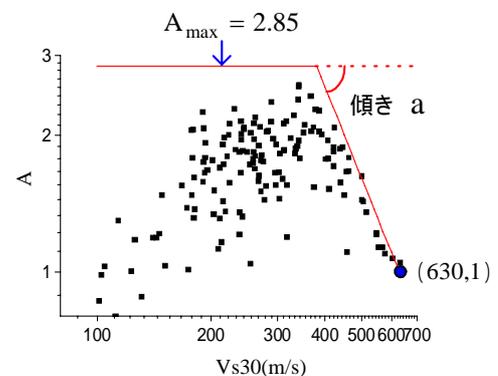


図3. 増幅率Aと $V_{s30}$ の関係(釧路沖地震)

キーワード 表層 30mの平均 S 波速度 地盤増幅率 線形地震応答解析

連絡先 〒108-8548 東京都港区芝浦 3-9-14 芝浦工業大学土木工学科 TEL 03-5476-3046

周期が  $T_e$  における  $V_{s30}$  が  $V_{s30c}$  とほぼ一致することがわかる．したがって式(1)の  $T_g$  を  $T_e$  に置き換えることによって，次式のように  $V_{s30c}$  を求めることが出来る．

$$V_{s30c} = \log(1.73/T_e)/0.00266 \dots (2)$$

図3より  $V_{s30c} = V_{s30} = 630$  で  $V_{s30}$  と  $A$  の関係は，ほぼ逆比例関係になることから

$$\log(A) = a \times \log(V_{s30}) + b \dots (3)$$

と仮定した．ここで係数  $a, b$  は地震波のピーク周期  $T_e$  によって依存する．図5に23地震波形について得られた係数  $a$  と  $T_e$  の関係を示す．これより  $a$  は

$$a = -0.5 \times T_e^{-0.8} \dots (4)$$

であらわすことができる．また  $V_{s30} = 630$  (m/s) の地点を  $A = 1.0$  の基準としたので  $b$  は

$$b = 0.5 \times T_e^{-0.8} \times \log(630) \dots (5)$$

となり(4)，(5)式を(3)式に代入して整理することにより

$$A = (630/V_{s30})^{0.5 \times T_e^{-0.8}} \dots (6) \quad (V_{s30c} = V_{s30} = 630)$$

を得ることができる． $V_{s30}$   $V_{s30c}$  においては釧路沖地震の結果では  $V_{s30c}$  を頂点にして  $A$  は左下がりの傾向にあるが，地震波によっては  $V_{s30c}$  以下で  $A$  の包絡線はほぼ一定になっているものがある．そこで本研究では次式のように  $V_{s30}$   $V_{s30c}$  での  $A$  の値は，式(6)から  $V_{s30} = V_{s30c}$  として一定値とした．

$$A = (1.68/0.238 - \log T_e)^{0.5 \times T_e^{-0.8}} (V_{s30} = V_{s30c})$$

ピーク周期  $T_e$  をパラメータとし  $A$  と  $V_{s30}$  の関係を表したものが図6である．これからピーク周期  $T_e$  が長くなるほど  $V_{s30c}$  は小さくなるのがわかる．

#### 4.まとめ

横浜市内の150の地盤モデルを用いて， $V_{s30}$  と地盤増幅率の関係を検討した．その結果， $V_{s30}$  と地盤増幅率  $A$  との関係は，地震波のピーク周期  $T_e$  にも依存することがわかった．そこで  $V_{s30}$  と  $T_e$  を用いて地盤増幅率を推定する式を提案した．推定式の導出過程で地盤の卓越周期  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係を用いているが，この関係式は地域差があると思われるので，現時点では今回提案している推定式の適用は横浜市において限定されるべきである．また今回の推定式は地盤を線形と仮定したものであり，強震動にそのまま適用するべきではない．今後，強震動にも対応した推定式を構築していく予定である．

**謝辞** 今回使用したS波速度検層データは，横浜市総務局災害対策室防災技術課から提供して頂いた．本研究は，鉄道建設・運輸施設整備支援機構の支持を受けて実施したものである．

#### 参考文献

- 1) 長尾毅，紺野克昭：常時微動アレー観測に基づく表層地盤のS波速度推定精度に関する研究，土木学会論文集，No.696，pp.225-235,2002
- 2) 吉田望，末富岩雄：DYNEQ：等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム，佐藤工業(株)技術研究所報，pp.61-70,1996
- 3) 長尾毅，紺野克昭：常時微動を用いた臨海部表層地盤のS波速度構造の推定に関する研究，土木学会海岸工学論文集(第50巻)，土木学会，2003.11

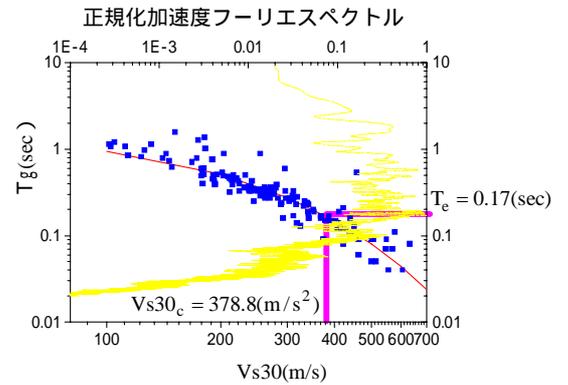


図4. 釧路沖波形のスペクトルと横浜市150地点の  $T_g$  と  $V_{s30}$  の関係

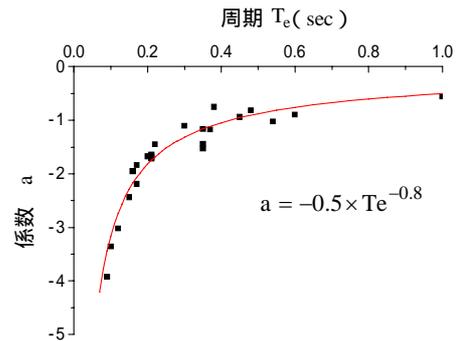


図5. 係数  $a$  と地震波のピーク周期の関係

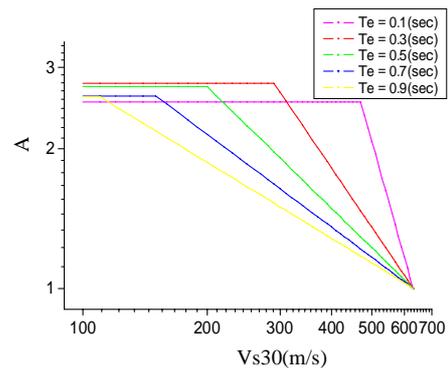


図6. 増幅率  $A$  と  $V_{s30}$  の関係