

神奈川県地震観測点における表層 30m の平均 S 波速度と地盤増幅倍率の関係

芝浦工業大学 学生会員 ○早川 立倫
 芝浦工業大学 古澤 徹也
 芝浦工業大学 古正 早希子
 芝浦工業大学 正会員 紺野 克昭

1. はじめに

近年、首都圏では首都直下地震、東海地震などによる地震被害の発生が危惧されている。地震被害を最小限にするには、精度の高い地震動予測を行うことが重要である。そのために、それぞれの地域の地盤特性を知る必要がある。そこで本研究では、上記の地震において大きな被害が懸念される神奈川県で微動観測を行い、表層 30m の平均 S 波速度(V_{s30})と地盤増幅倍率の関係について調べることにした。

2. 研究方法

本研究では、県独自の地震観測点 22 地点を対象に L 字形のアレイ微動観測を行い V_{s30} と卓越周期を推定した。また、これらの地震観測点で得られた 50 地震の地震記録を SK-net より入手し、22 地点の V_{s30} と加速度最大値および速度最大値の増幅倍率との関係を調べ、 V_{s30} を用いた簡便な表層地盤増幅倍率の評価式を提案し、地震動評価への適用性を検討した。

3. 微動観測の概要・結果

今回、微動観測を行った神奈川県の地震観測点 22 地点を図 1 に示す。観測機器として携帯型加速度計 GPL-6A3P を使用して、1 地点 3 成分 (UD, NS, EW 方向) の観測を 300 秒間、3 個の外部センサーを使用し、アレイ間隔を 15m, 9m, 3m とした L 字型アレイ観測をそれぞれ 660 秒間行った。

観測記録に空間自己相関法を適用してレイリー波の位相速度を算出し、波長 40m の直線とアレイ半径 9m の位相速度との交点を V_{s30} とする。

次に、水平 2 成分を合成した水平動スペクトルを上下スペクトルで割った水平/上下スペクトル (H/V スペクトル) を用いて地盤の卓越周期 T_G を推定した。各観測点の V_{s30} と卓越周期の関係を図 2 に示す。 $V_{s30}=60\sim600\text{m/s}$ 、卓越周期 $=0.22\sim1.3\text{sec}$ の範囲にあり、右下がりになっていることが分かる。

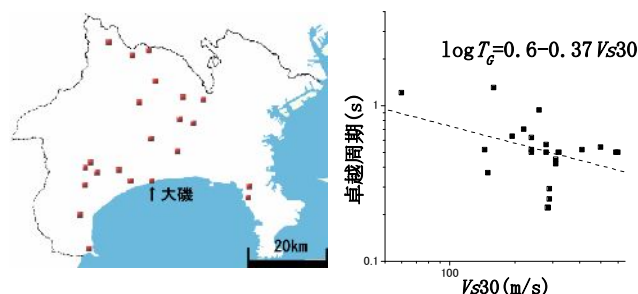


図 1 神奈川県地震観測点 図 2 V_{s30} と卓越周期 T_G の関係

4. 地盤増幅倍率の評価方法

本研究では、地盤増幅倍率を基準点の地震動の振幅最大値に対する各観測点での振幅最大値の比として定義する。ただし、各観測点間の距離が大きいので、司・翠川の距離減衰式¹⁾を用いて振幅の距離補正を行った。また、振幅最大値としては、加速度最大値および速度最大値を用いている。なお、本研究での基準点は $V_{s30}=600\text{m/s}$ と 22 観測地点のうち最も大きな値を示した大磯に設定している。

5. 地盤増幅倍率と V_{s30} の関係

図 3 にモーメントマグニチュード (M_w) の異なる 2 つの地震における V_{s30} と加速度最大値による地盤増幅倍率 (AFA) の関係を示す。図 3 より、両者は右下がりの関係にあるが、 M_w の大きい地震の方がより高い相関を示していることが分かる。図 4 に示す各地震における相関係数と M_w の関係からも同様の傾向が分かる。そこで、 $M_w 5.5$ 以上、かつ相関係数 0.6 以上の地震から得られる回帰係数、標準偏差の平均値を用いて以下の経験式を提案する。

$$\log AFA = -0.77 \log V_{s30} + 2.14 \pm 0.14 \quad (1)$$

$$\log AFV = -0.79 \log V_{s30} + 2.19 \pm 0.18 \quad (2)$$

ただし、適用範囲は $5.5 \leq M_w \leq 7.5$ 、 $60\text{m/s} \leq V_{s30} \leq 600\text{m/s}$ である。

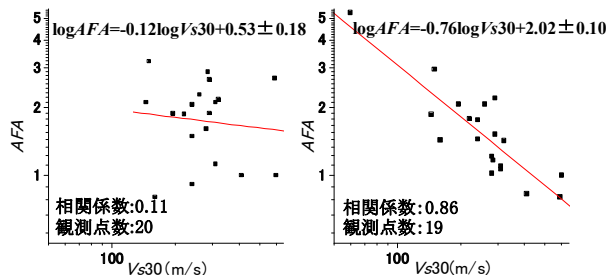
図 5 には本提案式と翠川らの式²⁾を $V_{s30}=600\text{m/s}$ で、 AFA 、 AFV が 1 になるように換算して表示して

キーワード 微動観測, V_{s30} , 卓越周期, 地盤増幅倍率

連絡先 〒135-8548 東京都江東区豊洲 3-7-5 芝浦工業大学工学部土木工学科 TEL03-5859-8357

いる。翠川らの式と比較すると、提案式は加速度最大値、速度最大値ともに傾きが大きいことが分かる。

提案した式と翠川らの式との違いは、検討した地域、地震の違いと考えられ、今回の提案式は神奈川県により適したものとなっていると考えられる。



(a) 茨城県南部地震 (2003/3/13, $M_w=4.9$) (b) 三宅島近海地震 (2000/7/30, $M_w=6.4$)

図3 $Vs30$ と地盤増幅倍率の関係

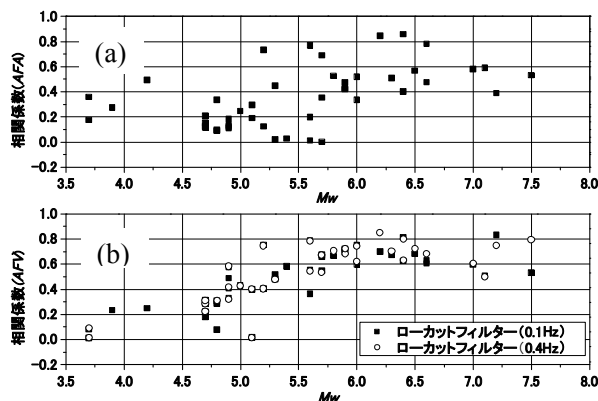


図4 地盤増幅倍率と $Vs30$ の回帰分析から得られる相関係数と M_w の関係

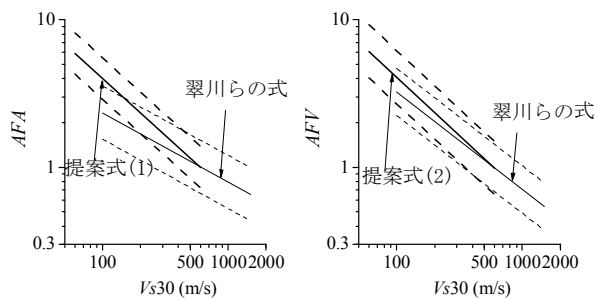


図5 提案式と既往の関係式との比較

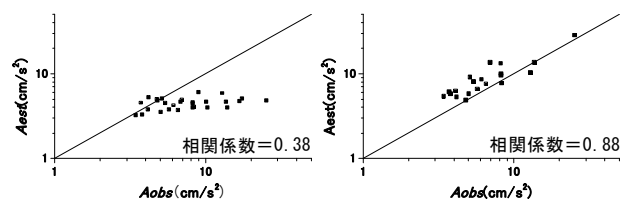
6. 加速度最大値、速度最大値の推定方法

ここでは、今回微動観測を行なった各観測点において、式(3)を用いて加速度最大値、速度最大値の推定を行い、これらの推定値と観測値とを比較することにより経験式の地震動評価への適用を確認する。

$$Aest_i = AFA_i \times \frac{Aobs_s}{AFA_s} \times \frac{Acal_i}{Acal_s} \quad (3)$$

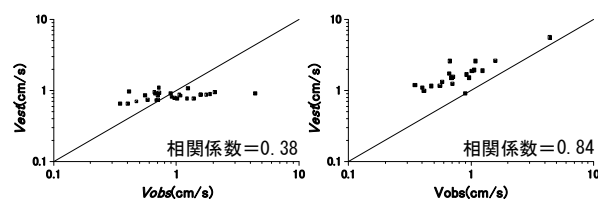
ここで、 $Aest$ は加速度最大値の推定値、 $Acal$ は距離減衰から得られる加速度最大値、 $Aobs$ は加速度最大値である。添え字の i は任意の地点、 s は地震観測点を示している。今回は観測点 s を基準点の大磯とした。同様の方法で、速度最大値の推定値である $Vest$ も推定する。

図6は加速度最大値の観測値と推定値の関係、図7は速度最大値の観測値と推定値の関係を示したものである。両図の(a)は地盤増幅倍率を考慮しない場合、(b)は地盤増幅倍率を考慮した場合である。両者とも地盤増幅倍率を考慮することによって相関性は大きく向上することが分かる。



(a) 地盤増幅倍率を考慮しない場合 ($AFA_i, AFA_s=1$) (b) 地盤増幅倍率を考慮する場合

図6 加速度最大値の観測値と推定値の関係 (2000/7/30, 三宅島近海地震, $M_w=6.4$)



(a) 地盤増幅倍率を考慮しない場合 ($AFA_i, AFA_s=1$) (b) 地盤増幅倍率を考慮する場合

図7 速度最大値の観測値と推定値の関係 (2000/7/30, 三宅島近海地震, $M_w=6.4$)

7. まとめ

本研究をまとめると以下の通りである。

- ・ 地盤増幅倍率と $Vs30$ の相関性は M_w に依存し、 M_w が大きくなるほど相関性は高くなる傾向がみられた。
- ・ 提案した加速度、速度最大値の推定方法において、 $Vs30$ を用いた地盤増幅倍率を考慮することにより、最大値の推定精度は大きく向上することが分かった。

謝辞：微動観測では、地震計設置点の関係者に大変お世話になりました。解析には SK-net の地震記録を使用しました。

参考文献：1) 司宏俊，翠川三郎：日本建築学会構造系論文報告集，第523号，pp.63-70，1999。
2) Midorikawa, S., M. Matsuoka, and K. Sakugawa: Proceedings of the Ninth Japan Earthquake Engineering Symposium, Vol.3, pp. 85-90, 1994.