

常時微動を用いた江東区周辺の地震動の速度最大値の推定法

芝浦工業大学大学院 学生会員 ○品川航太郎
芝浦工業大学 正会員 紺野 克昭

1. はじめに

地震後の地震動分布の情報は、震災対応において重要である。一般に、この情報は地震観測より得ることができる。しかし、各自治体において高密度な地震観測を行うのは、非常に困難である。紺野ら¹⁾は、1地点の地震記録と、常時微動より得られる表層 30m の平均 S 波速度 ($Vs30$) を用いて、簡便に地震動を推定する方法を提案している。常時微動の測定は比較的簡便に行えるので、この方法により高密度な地震動分布の推定が可能となる。本研究は、この方法を江東区、墨田区、江戸川区の K-NET 観測点 (全 13 地点) に適用し、その適用性を検討したのである。

2. 微動観測から推定した $Vs30$

常時微動の測定を行った K-NET 観測点を図-1 に示す。測定は、5 台のポータブル地震計(SMAR-6A3P)を L 字形にアレイ配置し、地震計間を 3m とする場合、12m とする場合の 2 通りで、各 20 分間行った。得られた上下動の微動記録に空間自己相関法を適用し、アレイ半径 3,6,12,24m に対応するレイリー波の位相速度を推定した。 $Vs30$ は、アレイ半径 12m における位相速度の、波長 40m における位相速度とした²⁾。以上の測定から、推定された $Vs30$ の値を図-1 に示す。 $Vs30$ の範囲は 110 ~ 233m/s であった。また、対象とした観測点のうち、12 地点で 200m/s 以下と、軟弱地盤が厚く堆積していることが分かる。

3. 地盤増幅倍率の評価方法

ここでは、地盤増幅倍率と $Vs30$ の関係について検討する。各地点の増幅倍率の評価は、2003 年 5 月から 2008 年 7 月までの地震記録の中から、後述の基準点を含み、12~13 地点で記録が得られている 57 地震の記録を用いて行っている。

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。振幅最大値としては、速度最大値を用いている。また、振幅最大値の距離減衰の影響をできるだけ常時微動、 $Vs30$ 、地盤増幅倍率、速度最大値

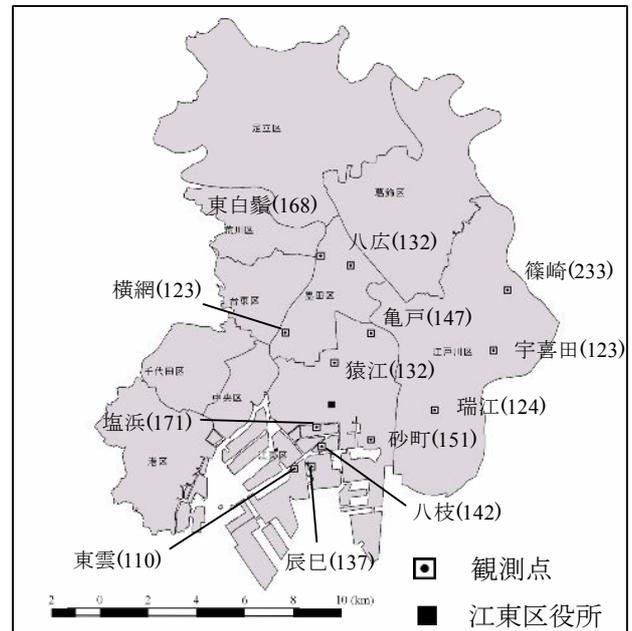


図-1 江東区周辺の強震ネットワーク(K-NET)

(カッコ内の数字は $Vs30$ (m/s) を表している)

取り除くため、司・翠川の距離減衰式³⁾を用いて振幅最大値の距離補正を行う。速度最大値に関する地盤増幅倍率(AFV)の定義式を以下に示す。

$$AFV_i = \frac{Vobs_i}{Vobs_r \times \frac{Vcal_i}{Vcal_r}} = \frac{Vobs_i}{Vobs_r} \times \frac{Vcal_r}{Vcal_i} \quad (1)$$

ここで、 $Vobs$ は地震動の水平 2 成分ベクトル和の速度最大値、 $Vcal$ は距離減衰式から得られる速度最大値である。添え字の r は基準点、 i は任意の地点を示している。基準点は江東区内で最も $Vs30$ の値が大きい塩浜に設定した。なお、K-NET の地震記録は加速度であるため、速度波形を得るために周波数領域での数値積分を行っており、その際には 0.4Hz のローカットフィルタを用いている。

図-2 にモーメントマグニチュード (Mw) の異なる 2 つの地震における $Vs30$ と AFV の関係を示す。 Mw の大きい地震の方が高い相関を示していることが分かる。このことは、 AFV と $Vs30$ の関係は、地震の規模に依存する傾向があることが示している。図-3 に示す 57 個の地

震における相関係数と M_w の関係からも同様の傾向が見られる。以上を考慮し、 M_w 5.5 以上、かつ、相関係数 0.6 以上の 10 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関係式を提案する。

$$\log AFV = -0.82 \log Vs30 + 1.76 \pm 0.06 \quad (2)$$

ただし、適用範囲は $110m/s \leq Vs30 \leq 233m/s$ 、 $5.5 \leq M_w \leq 6.8$ である。なお、 $Vs30 = 600m/s$ (工学的基盤程度)で $AFV = 1$ となるように、切片の係数を補正している。

4. 速度最大値の推定

ここでは、微動観測を行なった各観測点において、次式を用いて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、本地震動推定法の適用性を検討する。

$$Vest_i = AFV_i \times \frac{Vobs_s}{AFV_s} \times \frac{Vcal_i}{Vcal_s} \quad (3)$$

ここで、 $Vest$ は速度最大値の推定値である。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 を基準点の塩浜とした。

速度最大値の観測値と推定値の関係の例を図-4 に示す。図-4 左側の地盤増幅倍率を考慮しない場合 ($AFV_i, AFV_s = 1$) の相関はよくないことが分かる。次に、考慮した場合の両者の関係を図-4 右側に示す。両者の相関は良くなっていることが分かる。なお、図中のカッコ内の数字は地盤増幅倍率を考慮した場合に、向上した相関係数を表している。

5. まとめ

本研究をまとめると、以下の通りである。

1. 今回測定した地点での $Vs30$ の範囲は 110~233m/s であり、特に江東区は全体が 200m/s 以下と、軟弱地盤が厚く堆積していることが分かる。
2. 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が高くなる傾向がみられた。
3. 提案した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、速度最大値の推定精度は大きく向上することが分かった。

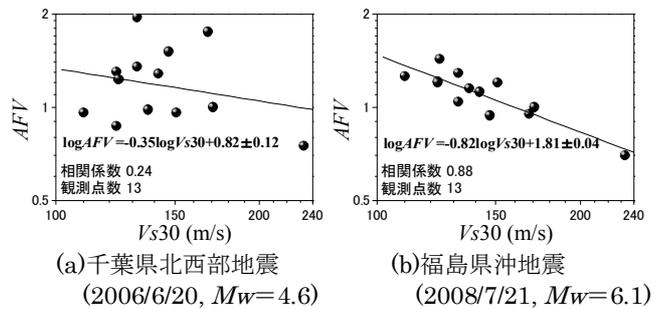


図-2 $Vs30$ と地盤増幅倍率の関係

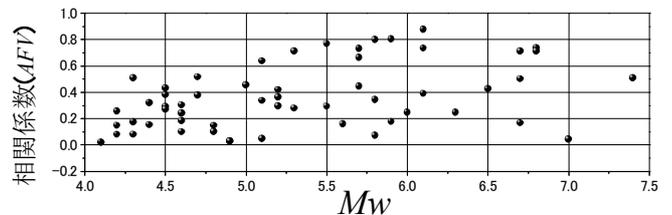


図-3 地盤増幅倍率と $Vs30$ の回帰分析から得られる相関係数と M_w の関係

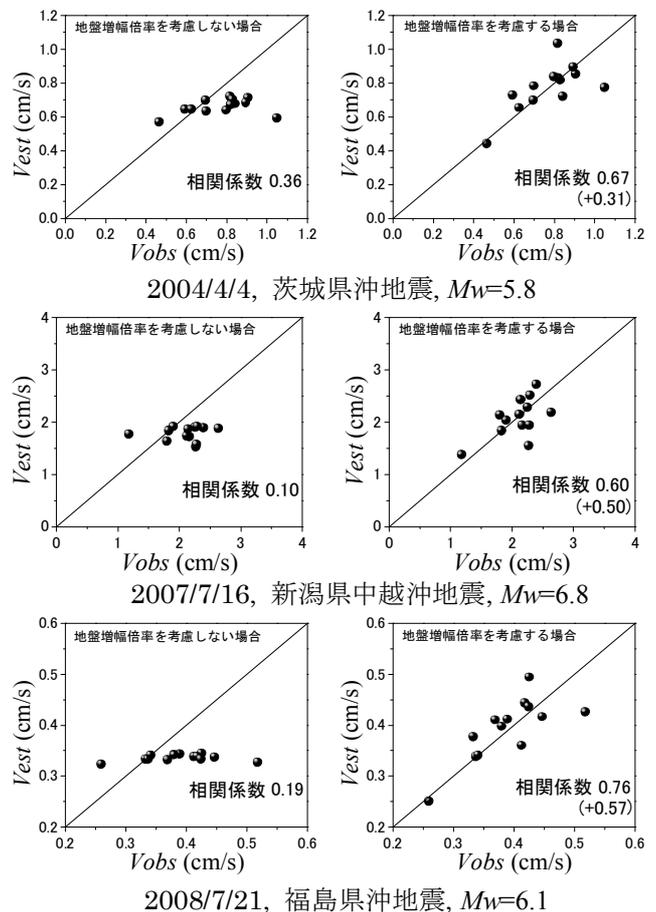


図-4 速度最大値の観測地と推定値の関係

謝辞：防災科学技術研究所のK-netの地震記録を使用しました。記して感謝いたします。

参考文献：1)紺野克昭，鈴木貴博，鎌田泰広，長尾毅：横浜市高密度強震ネットワーク観測点における微動を用いた地盤の平均S波速度の推定，土木学会論文集A, No4, 2007, 2)紺野克昭，片岡俊一：レイリー波の位相速度から平均S波速度を直接推定する方法の提案，土木学会論文集, No647, 2000, 3)司宏俊，翠川三郎：断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式，日本建築学会構造系論文報告集，第523号，1999