

東京都を対象とした表層地盤の地盤増幅特性に関する研究 (その2)
観測記録との比較 -

正会員 久保 智弘*
同 久田 嘉章**

S波速度 地質断面図 Fa
フーリエスペクトル比 地盤分類 Fv

1.はじめに

様々な構造種別の建物の被害推定をするためには、周期特性を考慮した表層地盤の増幅率が必要である。周期特性を考慮した増幅率を求めるには、2つの評価方法がある。ひとつは地盤構造をモデル化し、重複反射理論により増幅率を求める方法と、内山・翠川(2003)¹⁾のように、平均S波速度(以下、AVS(30))に応じた7種類の地盤に対するB種地盤(760cm/s < AVS(30) <= 1500 cm/s)を基準とした短周期領域(0.1~0.5sec)の増幅度 Fa と長周期領域(0.5~1.5sec)の増幅度の Fv を経験的に求める方法がある。後者の方法は、AVS(30)から経験的に増幅率を計算するのに対し、前者では各地点における Vs と密度、減衰からモデル化する必要があり、そのためには対象地点におけるボーリング調査によるN値からの推定やPS検層からパラメータを求める必要がある。しかし、こういった対象地点でのモデルは点としてのみ得られるため、面的に増幅率を求めることは難しい。そこで、前報で著者ら(2005)²⁾は、東京都を対象として、面的な情報として入手しやすい地質断面図を使い、地質構造ごとに深度に依存した Vs と密度の経験式を提案した。

本研究では、前報で作成した式(式1)を使い、地盤をモデル化し、SK-NETの東京都における観測記録を使い、内山・翠川(2003)の方法を参考に実測値と提案式から求めた推定値の誤差を増幅度 Fa、Fv を用いて、比較検討する。

2.検討方法

まず、地震記録が得られた観測点を伝播経路と directivity による影響を最小限にするために断層方向に従って方位各 22.5° 距離 25km ピッチのボックスでゾーニングを行う。次に、C1種地盤(表1)を基準としたフーリエスペクトル比を求めるために、このボックスに含まれる内山・翠川(2003)の C1 種地盤に当たる観測点と同一ボックス内の対象とする観測点とフーリエスペクトル比を求める。ここで、このフーリエスペクトル比は、バンド幅 0.25Hz の Parzen window で平滑化した水平2成分の相乗平均から求め、断層面からの最短距離を用いて幾何減衰の補正を行ったものを使用する。しかし、東京都において C1 種地盤となる観測点がないため、本研究では、K-Net³⁾の観測点において、PS検層が公開されていて、C1種地盤

に相当する地盤が出ている観測点を使用し、C1種地盤まで地盤の剥ぎ取りを行った。

次に、SK-NET⁴⁾の観測点では、地盤情報が公開されていないため、本研究では、500mメッシュの地盤データ⁵⁾を使い、地形分類を行い、藤本・翠川⁶⁾を参考に平均S波速度を求め、表1を参考に地盤分類を行った。同様に、前報で提案した経験式を使用し、地盤構造のモデル化も行った。

ここで、Fa、Fvを評価する際に各観測点での入力加速度が必要となる。本研究では、今後、比較的簡易に計算することができる距離減衰式により入力加速度を評価する。ここで使用した距離減衰式は、司・翠川(1999)⁷⁾を用い、得られる加速度は地表面における加速度のため、防災科学技術研究所「地震動予測地図作成手法の研究」⁸⁾を参考に得られた加速度を1.4で割り入力加速度とした。

表1 平均S波速度に基づく地盤分類

Site Class	内山・翠川(2003)
A	1500 > AVS30
B	760 < AVS30 <= 1500
C1	460 < AVS30 <= 760
C2	360 < AVS30 <= 460
D1	250 < AVS30 <= 360
D2	180 < AVS30 <= 250
E	AVS30 <= 180

$$V_s = 78.649H^{0.417} \left\{ \begin{array}{l} 0.65 \text{ 有楽町層(砂・砂礫)} \\ 0.5 \text{ 有楽町層(粘土)} \\ 0.839 \text{ 七号・沖積層(砂・砂礫)} \\ 0.624 \text{ 七号・沖積層(粘土)} \\ 1.436 \text{ 礫層} \\ 0.873 \text{ ローム層} \\ 1.088 \text{ 東京層} \\ 1.143 \text{ 上総層} \end{array} \right\} \quad \text{(式1)}$$

東京礫層:Vs=454(m/s), 江戸川層:Vs=492(m/s), H:深度(m)

3.検討した地震記録

本研究で検討に使用した地震は、最近東京都で震度3以上を記録し、Mw5.0以上の地震を対象とし、表2にある5の地震を用いた。表2の震源情報はF-Net⁹⁾の値を用いた。本研究で使用した観測点と震源の位置を図1に示す。図1の丸印は対象とした観測点で、四角が基準観測点、星印が震源位置である。

表.2：本研究で検討した地震

Date	Longitude	Latitude	Depth (km)	Mw	Mjma
2004/10/6	140.1	36	65	5.7	5.8
2005/2/16	140	36	53	5.4	5.4
2005/4/11	140.7	35.7	50	6	6.1
2005/6/20	140.7	35.7	53	5.7	5.6
2005/7/23	140.2	35.5	68	5.8	5.7

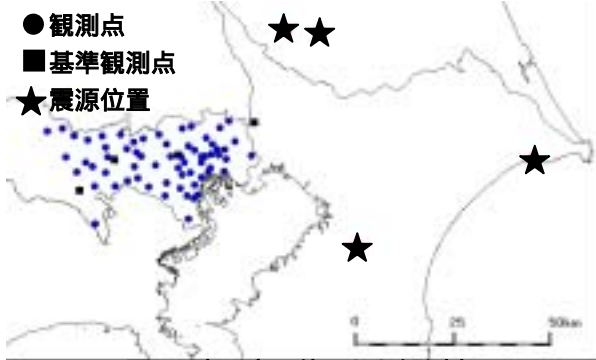
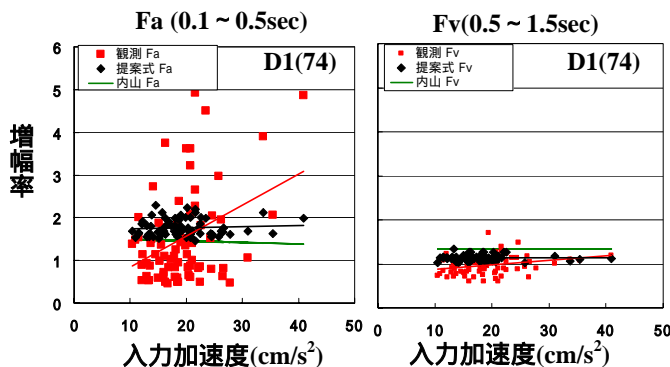


図1：本研究で使った観測点

4. 観測記録との比較、検討

前報で提案した式の精度を確認するため、地盤種別ごとに短周期領域(0.1~0.5sec)の増幅率 Fa と長周期領域(0.5~1.5sec)の増幅率 Fv について比較検討を行った。本研究で使った地質断面図からの Vs をモデル化し、増幅率を求める際、本研究で対象とした地震動は比較的小さいことから、地盤の非線形性がないものとし、重複反射理論により増幅率を求めた。図2は内山・翠川による増幅率(直線)と前報で提案した式から求めた増幅率(ひし形)、観測記録から求めた増幅率(四角)を縦軸にとり、横軸に入力加速度を示したものを地盤種別ごとに示した図である。また図中の括弧内に使用したデータの母体数を示す。

図2より増幅率 Fa を比較すると本研究の経験式から求めた増幅率はばらつきが大きいものの内山・翠川の増幅率に近い結果を示し、D2種地盤とE種地盤において観測記録から求めた増幅率と比較すると観測記録よりやや大きい増幅率を示した。また、Fv については、D1及びD2種地盤において経験式による増幅率は、内山・翠川によるものと観測記録と同様に1.6程度の結果となり、E種地盤においては、観測記録と同様ばらつきの大きな結果を示した。また、D2種とE種地盤において増幅率が1.5程度と2.5程度の2つのグループに分かれていることがわかった。



* ABSコンサルティング(工学院大学客員研究員) 工修

**工学院大学 教授・工博

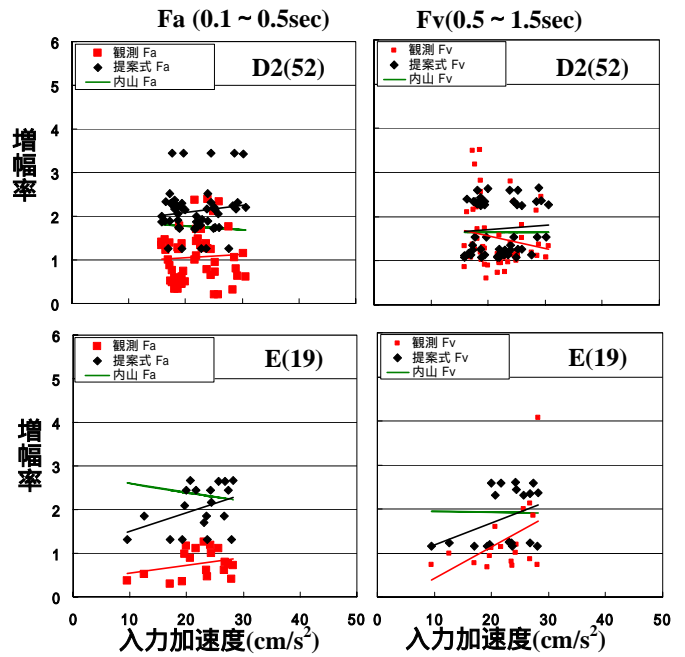


図2 観測記録と増幅率の比較

5. まとめ

本研究では、東京都を本研究で提案した式について、観測記録と既存の経験式と比較検討を行った。

提案した経験式による増幅率の精度をみるため、観測記録と既存の経験式との比較を行った結果、ばらつきは大きいものの観測記録と近い結果を示した。特にE種地盤においては、東京都のような沖積層が厚い地盤において、提案式により地盤構造をモデル化することにより、観測記録と同じような傾向を示したものと考えられる。

今後、観測記録を使い、インバージョンなどにより提案した経験式を修正するなど、精度をさらに上げる必要がある。また、これまで建物被害を予測する際に、地震動の最大振幅を使用していたが、今後は提案式を使い、周期特性を考慮したリスクマネジメントなどに活用できるものと考えられる。

謝辞

本研究は、文部科学省による「大都市大震災軽減化特別プロジェクト」によって行われました。また、観測記録としてSK-NET及びK-NETを使用いたしました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1)内山泰生・翠川三郎,地震記録および非線形応答解析を用いた地盤分類別の地盤増幅率の評価、建築学会構造系論文集, No.571, pp87-93, 2003.9
- 2)久保智弘・久田嘉章:東京都を対象とした表層地盤の地盤増幅特性に関する研究,日本建築学会学術講演梗概集, 21139, 2005
- 3)K-Net(<http://www.k-net.bosai.go.jp/k-net/>)
- 4)SK-Net(<http://www.sknet.eri.u-tokyo.ac.jp/>)
- 5)久保智弘他、全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化,および、面的な早期地震動推定への適用、地震 第2輯、第56巻(2003), 21-37頁
- 6)藤本一雄・翠川三郎、日本全国を対象とした国土数値情報に基づく地盤の平均S波速度分布の推定、日本地震工学会論文集、第3巻、第3号、1-15, 2003
- 7)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集, No.523, pp63-70, 1999
- 8)地震動予測地図作成手法の研究,防災科学技術研究所、(<http://www.j-map.bosai.go.jp/j-map/index.html>)
- 9)F-Net、(<http://www.fnet.bosai.go.jp/freesia/index-j.html>)

* ABS Consulting (Visiting Researcher, Kogakuin University), M Eng.

** Prof., Kogakuin University, Dr. Eng