

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

正会員 久保 智弘\*  
同 久田 嘉章\*\*

S 波速度 地質分類 深度  
PS 検層データ 地質断面図 N 値

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)<sup>1)</sup>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、福和ら(1999)<sup>2)</sup>は、名古屋市を対象として、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、入手しやすい地質断面図から増幅率を求めている。

本研究では、福和ら(1999)の方法を参考に、東京都における地質分類ごとのVsの推定式を求め、実測値と提案する式を用いた推定値の誤差を、比較検討する。

2.データ整備

2.1.地盤データの収集及びデータベースの作成

本研究で使用した地盤データは、東京都土木技術研究所<sup>3)</sup>が公開しているPS検層データ、および国土交通省の首都圏の地質断面図<sup>4)</sup>を用いた。

PS検層データは、東京都23区および多摩地区東側の89地点のデータを用い、データの内容としては、深度、層厚、土質名称、N値、密度、Vp、Vsなどである。地盤断面図は、首都圏を南北方向、東西方向に約2kmごとに分割された57の地質断面図である。

本研究において、作成したデータベースと地質断面図の整理の手法は、次のとおりである。

初めに、PS検層データと地質断面図の位置情報をGISマッピングする。そして、任意のPS検層データから近い位置にある地質断面図を選択する。次に、地質断面図の

画像データからPS検層データと対応する地質を割り出し、それをPS検層データに新たなデータとして追加する。最後に、PS検層データ、地質断面図、PS検層データと地質断面図の位置を、整理し一つにまとめる。以上が作成したデータベースと地質断面図の整理の手法である。

また、今回の地質の分類には、国土交通省が地質断面図と共に公開している地質分類表<sup>4)</sup>を使用した。その内容を表1に示す。

表1 使用した地質分類表

| 地質記号 | 土質      | 地層      | 地質年代  | 地質記号  | 土質        | 地層    | 地質年代  |  |  |
|------|---------|---------|-------|-------|-----------|-------|-------|--|--|
| Yuc  | 粘土      | 上部 有楽町層 | 完新世   | Tcg   | 砂礫        | 礫層    | 後期更新世 |  |  |
| Yus  | 砂       |         |       | btg-1 | 砂礫        |       |       |  |  |
| Yug  | 砂礫      |         |       | Mg    | 砂礫        |       |       |  |  |
| Ylc  | 粘土      |         |       | btg-2 | 砂礫        |       |       |  |  |
| Yls  | 砂       | 下部 七号地層 | 後期更新世 | Lm    | ローム・凝灰質粘土 | ローム層  | 中期更新世 |  |  |
| Ylg  | 砂礫      |         |       | bl    | ローム・凝灰質粘土 | 埋没ローム |       |  |  |
| Nac  | 粘土      |         |       | Toc   | 粘土        | 東京層   |       |  |  |
| Nas  | 砂       |         |       | Tos   | 砂         | 東京層   |       |  |  |
| Ac   | 粘土      | 沖積層     | 沖積層   | Tog   | 砂礫        | 東京礫層  | 前期更新世 |  |  |
| As   | 砂       |         |       | Ed    | 粘土・砂・砂礫   | 江戸川層  |       |  |  |
| Ag   | 砂礫      |         |       | Ka    | 泥岩・砂岩・礫岩  | 上総層群  |       |  |  |
| Al   | 粘土・砂・砂礫 |         |       |       |           |       |       |  |  |

2.2.作成したデータベースの比較・検討

今回作成したデータの整合性をとるため、既存資料の値との比較を行った。図1は作成したデータベースの地質ごとのVsとN値の平均値と、既存の資料<sup>5)6)7)</sup>から抜粋したVsとN値の値とを比較したものである。図1からも分かるように、データの平均値は既存の資料の値と近い値を得ることができた。

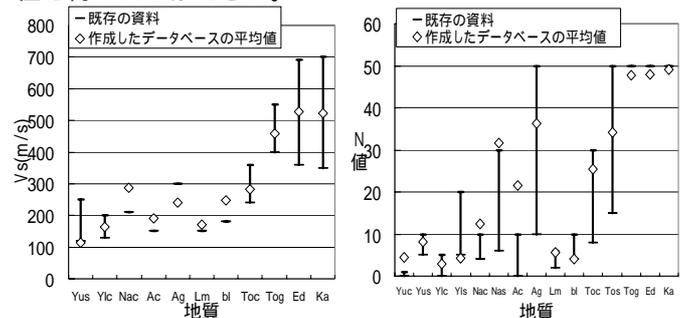


図1: データベースの地質ごとのVs・N値の平均と既存の資料の値との比較

3.経験式の提案

まず地層のVsと深度の依存性を検討し、Vs=aH<sup>b</sup>cを満たす回帰式を基本的な形式として作成した。次に各地層において誤差が最小になる係数を求めた。

江戸川層・東京礫層はVsと深度の関係性がみられなかったため、平均値を採用した。

また、作成の過程で既往の経験式などを指標に、あまりにもずれたデータはデータベース作成時のエラー値として、あらかじめ除いて作成した。式 3.1 は作成したデータベースから求めた推定式である。

$$V_s = 78.649H^{0.417} \quad (3.1)$$

|       |              |
|-------|--------------|
| 0.65  | 有楽町層(砂・砂礫)   |
| 0.5   | 有楽町層(粘土)     |
| 0.839 | 七号・沖積層(砂・砂礫) |
| 0.624 | 七号・沖積層(粘土)   |
| 1.436 | 礫層           |
| 0.873 | ローム層         |
| 1.088 | 東京層          |
| 1.143 | 上総層          |

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

#### 4. 提案した推定式の検討

##### 4.1 既往の式との比較

今回提案する推定式の精度をみるため、今井式、太田・後藤式、正木式<sup>8)</sup>との比較を行った。図 2 は既存の式とおよび今回提案する推定式から求めた推定 Vs の正解値からのばらつきを比較したものである。また図中の括弧内に、(推定 Vs - 実測 Vs)/実測 Vs の絶対値からばらつきを数値で評価した。0 に近いほどばらつきは小さいことを表す。

その結果、深度・地質年代の 2 つのみをパラメータとしている本研究の提案式から求めた推定値は、N 値・深度・土質分類・地質年代の 4 つをパラメータとしている太田・後藤式や正木式から求めた推定値と比較すると、ばらつきはやや大きくなるものの、沖積層において対角線に近い傾向が見られたことから良い結果が得られた。

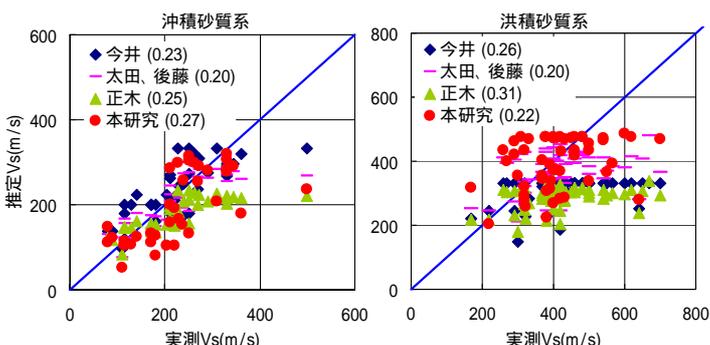


図 2 推定 Vs の正解値からのばらつきの比較

##### 4.2 卓越周期の検討

推定式を使用して作成した地盤モデルを Vs=400(m/s)を基準として解析し、増幅率と卓越周期を求めた。その解析結果から求められた各地点の卓越周期と、紺野らによる東京都区部の常時微動から推定した地盤の卓越周期の分布マップ<sup>9)</sup>とを照らし合わせ比較した(図 3)。その結果、

本研究で得られた卓越周期のデータは、紺野らの分布マップと近い傾向がみられ、両者のデータともに山手台地と沖積層が厚くなる下町低地の境界地で卓越周期の違いが見られた。

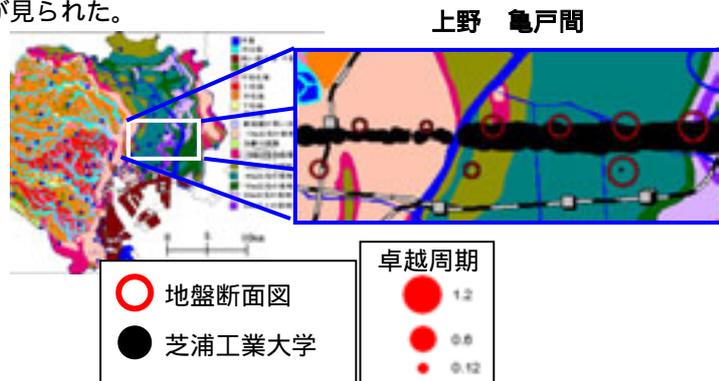


図 3:地盤の卓越周期の分布と本研究で推定した卓越周期の比較

#### 5. まとめ

本研究では、東京都を対象に深度と Vs の関係について検討を行い、地質分類を考慮した Vs の推定式を提案した。

提案した推定式の精度をみるため、既往の式との比較を行った結果、N 値などのパラメータを与えていないことから太田・後藤式や正木式に比べるとやや精度は低いものの、Vs を推定するには耐えうる精度があることを確認することができた。

今後、地盤を補完して推定するなど、精度をさらに上げる必要がある。また、本提案式を使い、地盤速度構造を面的に評価できる地盤増幅率の 3次元マップの作成する予定である。

#### 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」、科学技術振興調整費による「危機管理対応情報共有技術による減災対策」による研究助成によって行われました。また、東京都土木研究所から PS 検層データをお借りいたしました。芝浦工業大学地震防災研究室紺野助教授には微動観測結果を提供していただきました。工学院大学大橋薫さん、岡本典之さんにはデータ整理などご協力をいただきました。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): 福和伸夫・他: GIS を用いた既存地盤資料を活用した都市域の動的地盤モデル構築, 日本建築学会技術報告集, 第 9 号, pp249-254, 1999
- 3): 東京都土木技術研究所: <http://www.doken.metro.tokyo.jp/>
- 4): 国土交通省による国土調査のページ: <http://tochi.mlit.go.jp/tockok/index.htm>
- 5): 社団法人地盤工学会: 地盤工学会, 『東京の地盤』ジオテクノート
- 6): N 値の話編集委員会編著: N 値の話, 理工図書
- 7): 東京都: 平成 9 年直下型被害想定資料詳細版
- 8): 地震動と地盤, 建築学会, 1983
- 9): 紺野克昭: 常時微動を用いたサイスマック・ゾーンেশョン手法の開発に関する研究, 研究成果報告書, 鉄道建設・運輸施設整備支援機構, pp31-53, 2004.8

\* 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

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