

東京都神田地区内における地盤振動特性の評価

21T0243C 白木 智也
指導教員：関口 徹

1. はじめに

東京都の山手地区では武蔵野台地に谷底低地が入り込んでおり、そこには軟弱な沖積層が厚く堆積しているところもある。1923年の大正関東地震では谷底低地にある神田地区の一部で大きな建物被害が生じており、表層地盤による地震動増幅が影響していると考えられる。

本研究では、神田川以南の千代田区内(神田地区)を対象に、ボーリングデータおよび現地での微動計測に基づき表層地盤モデルを作成し、地震応答解析を行うことで、表層地盤の地盤振動特性を評価する。

2. 対象地域の地盤構造

図1に本研究で対象とした範囲の治水地形図¹⁾と住家の全壊率から評価した大正関東地震の推定震度分布²⁾を示す。対象地域は微地形が大きく分けて後背湿地、氾濫平野、砂州、段丘面の4つに分かれている。後背湿地や氾濫平野は、江戸時代の大規模な治水工事が行われる以前に複数の河川が流れていた地域で、大正関東地震の推定震度が6から7と比較的大きい地域である。段丘面は安定した地盤が多い台地であり、砂州は縄文海進によって海食段丘の上に砂が堆積したことで形成されている。どちらも推定震度は5から6-となっている。このように、地形に応じた地震被害の違いが読み取れる。

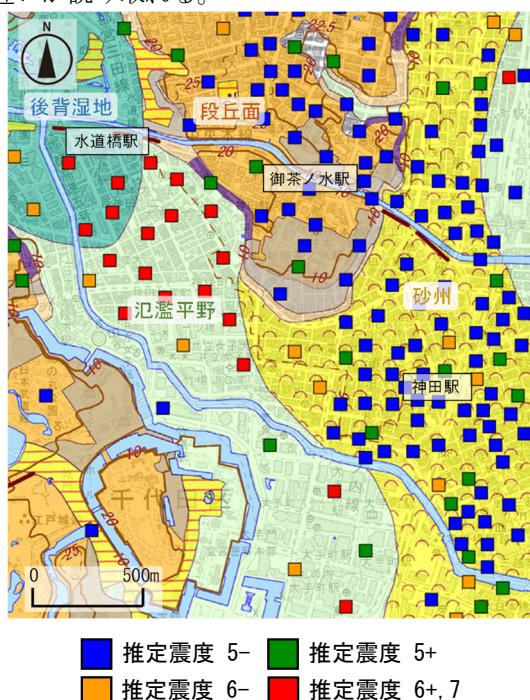


図1 治水地形図¹⁾と大正関東地震の
推定震度分布²⁾

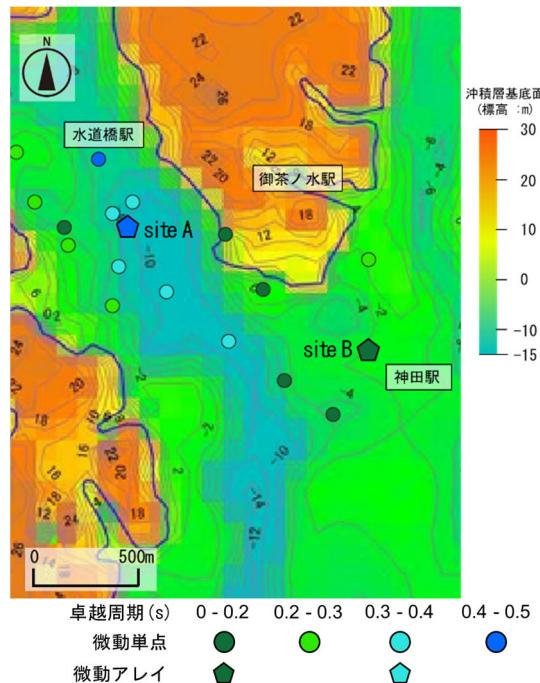


図2 微動H/Vスペクトルの卓越周期分布と
沖積基底面標高図

3. 微動計測概要

図 2 に本研究で微動単点計測を行った地点を丸印で、微動アレイ計測を行った地点を正 5 角形で沖積基底面標高図上に示す。

3.1 微動单点計測

表層地盤の振動特性を推定するため、現地での微動単点計測を行った。計測では固有周期 2 秒の速度計を用いて、水平鉛直 3 成分の微動をサンプリング周波数 200Hz で 10 分間観測した。そのデータからノイズの少ない 20 秒間の記録を 15 個以上抽出し、H/V スペクトルを求めた。H/V スペクトルは明瞭なピークがみられる場合、その周期が地盤の固有周期と概ね対応することが知られている。

図2に示すように、沖積基底面標高が-10m以下の地点では卓越周期が0.3~0.5s付近、-10m以上の地点では0.2~0.3s付近で、沖積基底面に応じた卓越周期の差がみられる。

3.2 微動アレイ計測

表層地盤の S 波構造を推定するために、現地での微動アレイ計測を行った。計測は半径 0.5m の円周上に 5 点と、中心に 1 点のセンサを等間隔に配置する円形アレイ観測と、直線状に 2.0m の間隔で 6 点センサを配置する直線アレイ観測を行った。円形アレイは CCA 法、直線アレイは一次元 F-k スペクトル法によ

り、レイリー波位相速度の分散曲線を求めた。

3.3 S 波速度構造の推定

各地点付近のボーリングデータの土質、 N 値を基に既往の経験式³⁾を適用して S 波速度構造を推定した。

図 3,4 に代表的ものとして、図 2 に示す地点 A、地点 B の 2 地点について求めた H/V スペクトルと分散曲線、付近のボーリング柱状図、推定 S 波速度構造を示す。赤線は推定した S 波速度構造から求めた H/V スペクトルと分散曲線の理論値であり、推定結果の妥当性が示唆される。

2 地点の結果を比較すると、H/V スペクトルのピーク周期が A で 0.5s 付近に見られ、B では 0.17s 程度と短い。これは軟弱な沖積層厚の違いが大きく影響しており、A では深度 11m まで S 波速度 100m/s 程度の沖積層が堆積しているのに対し、B では深度 6m 付近まで S 波速度 120m/s の沖積層があると推定されている。これらは図 2 の沖積層基底面標高と対応している。

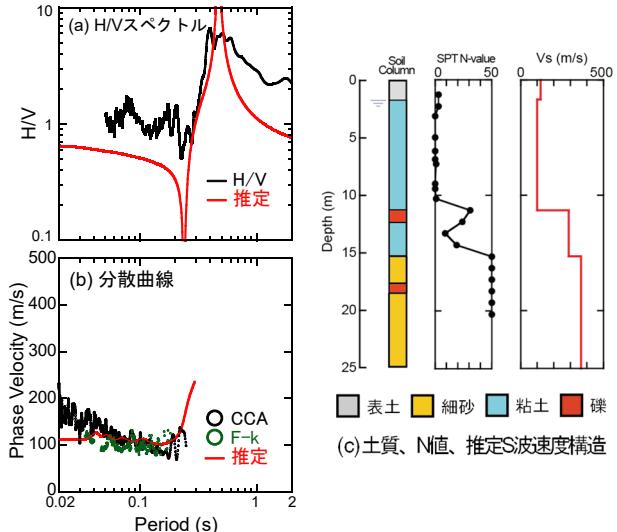


図 3 地点 A の H/V、分散曲線、柱状図、推定 S 波速度構造

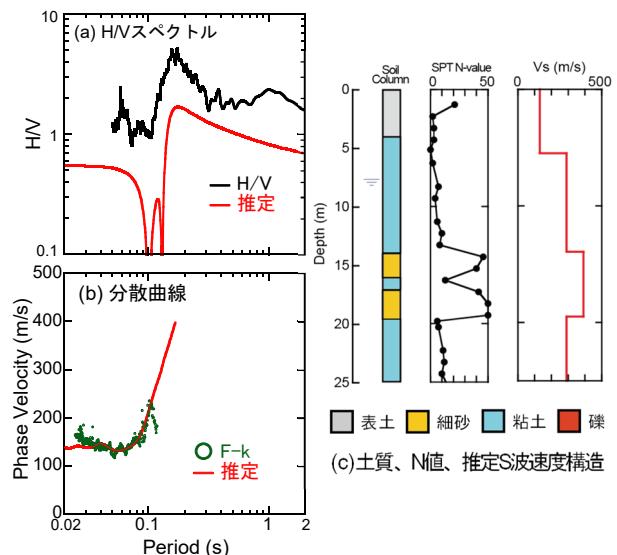


図 4 地点 B の H/V、分散曲線、柱状図、推定 S 波速度構造

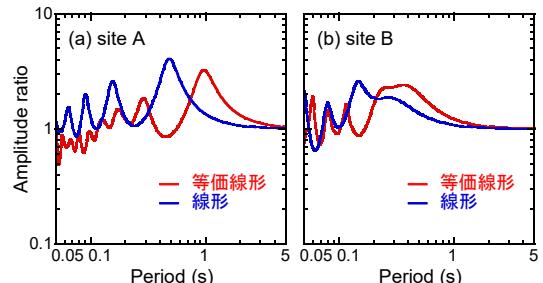


図 5 2 地点の伝達関数

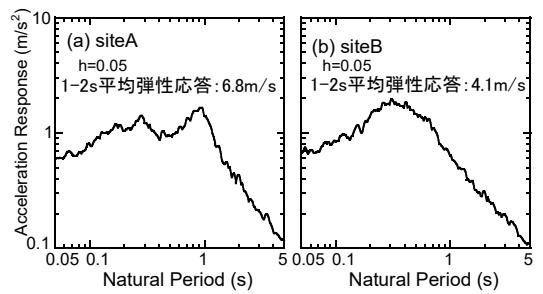


図 6 2 地点の加速度応答スペクトル

4. 地震応答解析による地盤振動特性の評価

推定された 2 地点の S 波速度構造に対して、地盤の非線形性を考慮した等価線形解析を行った。入力地震動は建築基準法の告示波を用いた。

図 5 に表層地盤の伝達関数を線形時のものとあわせて示す。地盤非線形性の影響により長周期の成分が増幅されている。

図 6 に 2 地点の地表面の加速度応答スペクトルを示す。また、求めた応答スペクトルを基に、木造住宅の全壊率と相関が良いと考えられる固有周期 1~2s の平均弾性応答⁴⁾を求めた。この値を両地点で比較すると、A が B の 1.7 倍程度であり、大正関東地震の推定震度に対応した結果となった。

5. まとめ

本研究では、東京都千代田区の神田川以南の沖積低地を対象として、ボーリングデータと現地での微動計測に基づく S 波速度構造の推定と地震応答解析を行い、大正関東地震における建物被害と表層地盤構造の関係について検討した。その結果以下の知見を得た。

- ・微動単点計測から求めた H/V スペクトルの卓越周期は、沖積基底面標高と概ね対応している。
- ・告示波を用いて推定した応答スペクトルと加速度応答スペクトルの固有周期 1~2s 平均弾性応答は、大正関東地震の推定震度と対応した結果となった。

参考文献

- 1) 国土交通省、国土地理院：治水地形分類図
- 2) 武村雅之：関東大震災 大東京圏の揺れを知る、鹿島出版会、2003 年
- 3) 太田裕、後藤典俊：S 波速度を他の土質的諸指標から推定する試み、物理探査、第 29 卷、第 4 号、pp.31-41, 1976
- 4) 境有紀、神野達夫、額縫一起：建物被害と人体感覚を考慮した震度算定方法の提案、日本地震工学シンポジウム論文集、第 11 卷、pp.17-22, 2002