

大谷地域における微動探査と3次元地盤構造（大谷石上面）の検討

川崎地質(株) ○吉倉 諄, 大村 猛
(株)エスジオップ 野口 静雄, 大沼 寛

1. はじめに

常時微動観測は、観測機器の設置や移動が容易であり、短時間に多数の測定点でデータを取得することが可能である。また、観測された微動のH/Vスペクトル(振幅比)を用いることで、周辺地盤の震動源特性を推定することができる。本稿では、栃木県宇都宮市大谷地域において広域の微動探査を行い、大谷石(凝灰岩)上面の地盤モデル(S波速度構造モデル)を推定するとともに、既往のボーリング結果との比較を行い、軟岩地域における微動探査の適用性の検討を行った。

2. 収録システム

常時微動の観測には、川崎地質(株)製の無線式3成分収録装置KTX-316BTを用いた¹⁾。図-1に概略図を示す。

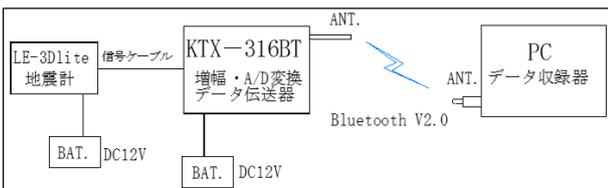


図-1 常時微動収録システムの概略図

このシステムの特徴を以下に示す。

- (1) 水平2成分および垂直成分の合計3成分の波形記録(速度または加速度)の収録が可能である。
- (2) データ収録PCとの接続はBluetooth無線通信によって行われ、機器の設置や移動が容易である。

3. 調査地の地質概要

常時微動観測は、栃木県宇都宮市内の大谷石採取場跡地周辺で実施した。この地域は、表層のローム層(場所により下位に砂礫層を含む)の下位に軽石質凝灰岩層(大谷石)が分布し、さらにその下位には新第三系の半蔵山安山岩および茗荷沢層が分布する³⁾。工学的基盤面は、砂礫層あるいは凝灰岩表層に存在することが期待される。

4. 観測および解析方法

常時微動の観測は昼間に行い、測定時間は1つの地点について10分とした。収録は2班体制で3か月間に南北約3.5km、東西約2.5kmの範囲において、道路上を主として合計459箇所で行った。地震計は3成分1秒地震計(LE-3Dlite)を使用した。写真-1に測定状況を示す。

解析においてはまず、収録波形から地動ノイズレベルが比較的安定した範囲を1分単位で抽出して基本波形とした。次に、この基本波形についてリサンプリング(200Hz)、

Parzen Window(0.5Hz)による平滑化およびバンドパスフィルタ(2~30Hz)を適用して、上下動および水平動2成分の振幅スペクトルを求めた。また、水平動2成分の合成和(各成分の二乗和の平方根)と上下動を用いてH/Vスペクトル比⁴⁾を算出した。図-2に計測地点「K31」における記録波形の例と、各成分の速度振幅スペクトルおよびH/Vスペクトル比を示す。



写真-1 測定状況

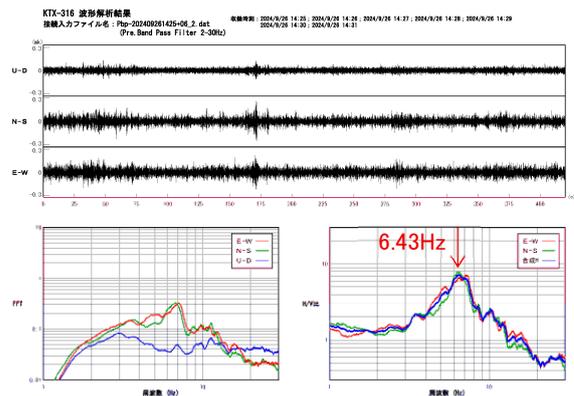


図-2 計測地点「K31」における記録波形例(上), 振幅スペクトル(左)およびH/Vスペクトル比(右)

5. 卓越周波数およびH/Vスペクトル比

図-3に卓越周波数、図-4にH/Vスペクトル比をそれぞれマッピングしたものを示す。今回は、H/Vスペクトル比におけるピーク時の周波数を卓越周波数とした。

卓越周波数は西部および東部では7Hz以上と高く、中央部(特に北部)では5Hz以下と低くなっている。北西部や北東部において、周辺よりも顕著に低い値を示している地点では、より深部の速度境界を捉えている可能性がある。H/Vスペクトル比は中西部で小さく、周縁部ではやや大きい傾向がある。これは、ボーリング調査⁵⁾によれば西部では基盤深度が浅いことから、H/Vスペクトル比のピークが明瞭でないためと考えられる。

6. 地盤モデル(大谷石上面)の推定

本調査で得られた卓越周波数を使用して、1/4波長則(式-1)よりS波速度構造地盤モデルの推定を行った。

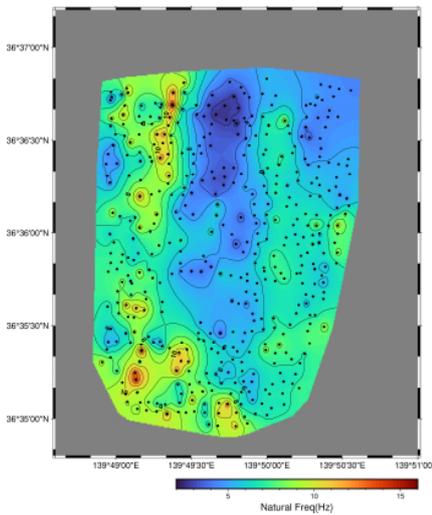


図-3 卓越周波数

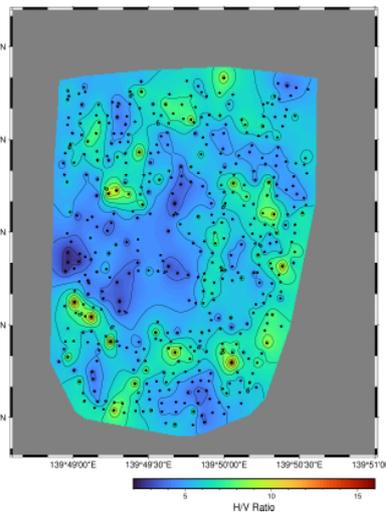


図-4 H/V スペクトル比

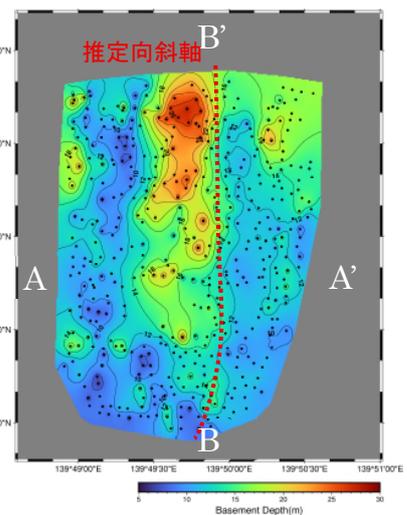


図-5 S波速度構造地盤モデル

$$H = Vs/4f \quad \dots \text{式-1}$$

ここで、 H : 表層の厚さ (m)

Vs : 表層地盤の S 波速度 (m/s)

f : 卓越周波数 (Hz)

今回は、調査地域におけるボーリング孔内の速度検層結果より $Vs = 300(m/s)$ で一定とした。図-5にマッピング結果を示す。この結果から、西部および東部では基盤深度が10~12m 前後の地点が多く、反対に中央部（特に北部）では20m 前後と深くなっている。これは、既往研究で指摘されている鑑川沿いにおける向斜軸の存在⁶⁾と整合的である。

7. 既往ボーリング結果との比較

推定した地盤モデルについて、観測点近傍のボーリング調査⁵⁾等により判明している岩盤標高との比較を行った。図-5の A-A' , B-B' 間における地盤モデルと観測点標高、岩盤標高を図-6に示した。A-A' 断面には、距離 1.4km 付近に向斜軸が存在する可能性がある⁶⁾。

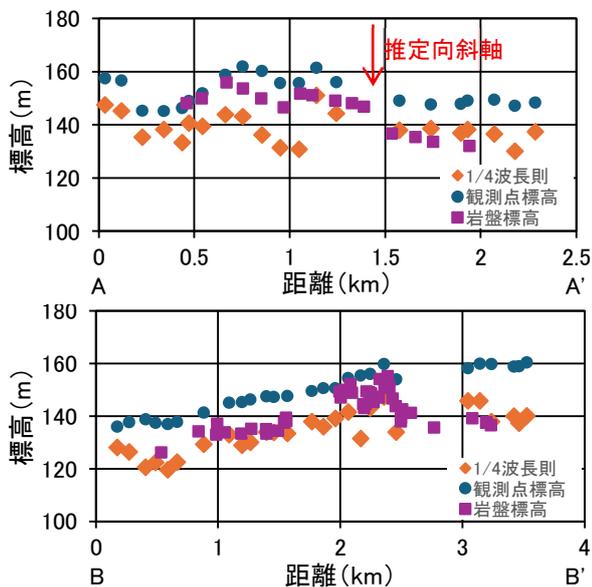


図-6 地盤モデルと岩盤標高の比較

8. まとめ

- 卓越周波数は、西部および東部では7Hz 以上と高く、中央部（特に北部）では5Hz 以下と低くなっている。北西部や北東部において、周辺よりも顕著に低い値を示している地点では、より深部の速度境界を捉えている可能性がある。また、H/V スペクトル比は中西部で小さく、周縁部ではやや大きい傾向がある。
- 地盤モデルは、西部および東部では基盤深度が10~12m 前後の地点が多く、反対に中央部（特に北部）では20m 前後と深くなっており、調査地域における向斜構造の存在が示唆される。

以上より、軟岩地域において微動探査から広域の地盤構造を推定することは有効であると考えられる。本調査結果を拠り所として、伝達マトリクス法等を活用したより詳細な推定を行ってみたい。

【引用・参考文献】

- 川崎地質株式会社(2011):無線式3成分収録装置(KTX-316BT/GSI)の特徴と記録・処理事例,物理探査学会第125回(平成23年度秋季)学術講演会展示資料.
- 大村猛,野口静雄,小淵卓也(2012):無線式3成分データ収録システムを用いた常時微動の計測によるH/V スペクトル比の卓越周波数の評価,物理探査学会第126回学術講演会論文集.
- 大森晶衛・端山好和・堀口万吉(1986):日本の地質3 関東地方,pp.127-128.
- 中村豊(2008):H/V スペクトル比の基本構造,物理探査学会地震防災シンポジウム.
- 栃木県地図情報公開システム(最終閲覧日2025.6.3),
https://www.sonicweb-asp.jp/tochigi_pref/.
- 松居誠一郎・山本高司・柏村勇二・布川嘉英・青島陸治(2011):栃木の新第三系:荒川層群中部の層序と化石および大谷地域の応用地質学,地質学雑誌第117巻補遺,pp.89-102.