

第Ⅲ部門

常時微動観測による地下構造推定法に関する基礎的研究

京都大学大学院工学研究科	学生会員	○田中 佑介
京都大学大学院工学研究科	フェロー会員	三村 衛
(財) 地域地盤環境研究所	正会員	北田 奈緒子
(財) 地域地盤環境研究所	非会員	吉田 邦一

1. はじめに

今後発生が予想される巨大地震に備える上でより詳細な地震被害予測が求められている。そのためには、正確な基盤構造と堆積構造を把握し、地域の特徴を適切に表現した地盤モデルの構築が必須である。その目的に最も適うツールがボーリング柱状図に基づく地盤情報データベースである。しかし、ボーリングデータは都市部においては密に存在するが、非都市部においては市街地や幹線道路周辺に偏在しており、十分な情報量がないことが多い。このような地域でも正確な地盤モデルを作成するため、本研究では、物理探査の一種である常時微動観測を用いて非破壊でボーリング点間を内挿することで、より正確な地盤モデルを作成することを目的とする。比較的堆積構造が単純な鳥羽市大明地区を研究対象とし、まず既存ボーリングによる地下構造情報が存在する地点で単点微動観測を実施し、基盤深度推定手法の妥当性を検証する。その後、既存ボーリング間においても常時微動観測を行い、基盤深度を推定する。

2. 常時微動観測による基盤深度推定

常時微動とは、自然現象や人間活動による、特定の震源のない地盤の微小な振動のことであり、主に表面波で構成されている(図1)。これは地震計を用いて容易に観測することができる。単点微動観測における基盤深度推定の手順の概略を以下に示す。

- 対象地域にて地震計を用いて観測を行う。
- 観測で得た波形に対して BID02.0¹⁾により高速フーリエ変換を行い、フーリエスペクトルを得る。得られたフーリエスペクトルから H/V スペクトルを得る。
- H/V スペクトルから卓越周期を判読する。
- 4分の1波長則から基盤深度を求める。

H/V スペクトルは以下のように求めた。

$$H/V = \frac{\sqrt{F_{ew}^2 + F_{ns}^2}}{F_{ud}} \quad (1)$$

ここで、 F_{ew} 、 F_{ns} 、 F_{ud} はそれぞれ東西、南北、鉛直方向のフーリエスペクトルである。また、本研究では、地盤を基盤と表層の二層構造地盤と仮定した時、H/V スペクトルがピークを示す周波数を地盤の卓越周波数とし、以下に示す4分の1波長則により、基盤深度を推定する。

$$V_s = \frac{4H}{T} \quad (2)$$

V_s は表層S波速度、 H は表層厚(基盤深度)、 T は卓越周期である。

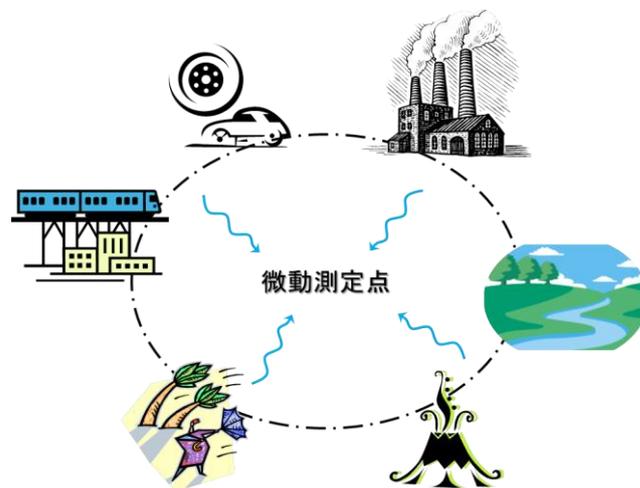


図1 常時微動の概念図²⁾

3. 三重県鳥羽市大明地区での観測

本研究で対象とする大明地区は干拓地であり、起伏に富んだ基盤上に粘性土が厚く堆積しているという軟弱地盤上に開発されている地域である。観測は計61点で行った。既存ボーリングにより、基盤深度が既知の点における基盤深度と卓越周期の関係をプロットし

たものを図2に示す。地下構造を二層地盤と仮定すると、同地区の表層はN値約1~5程度で、S波速度がほぼ一定の粘性土であると予測できることから、(2)より、原点を通る線形近似直線の傾きの4倍を同地区の表層平均S波速度とすることができる。しかし、近似直線から乖離している点が多く、S波速度推定の精度は良くない。そこで、このような点についてその地盤構造をボーリングデータにより確認すると、図2の赤点の計7点でN値20程度の砂礫層が基盤と粘性土の間に存在することがわかった。この砂礫層の影響により二層仮定が成立せず、先述の近似直線から乖離したと考えられる。図2から上記7点を取り除いたものを図3に示す。この近似直線の傾きは約32.1であるので(2)より粘性土のS波速度を約128m/sと推定した。図3に示すような関係が得られていれば、常時微動観測を行うことにより基盤上に軟弱層を有するような二層地盤と考えられる地盤の基盤深度を求めることができ、ボーリングデータの存在しない地点の推定や補間に有効であると考えられる。

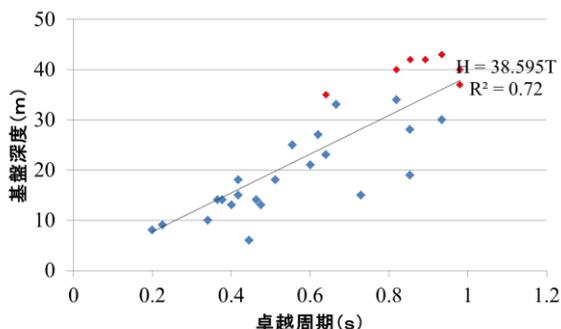


図2 基盤深度と卓越周期の関係(1)

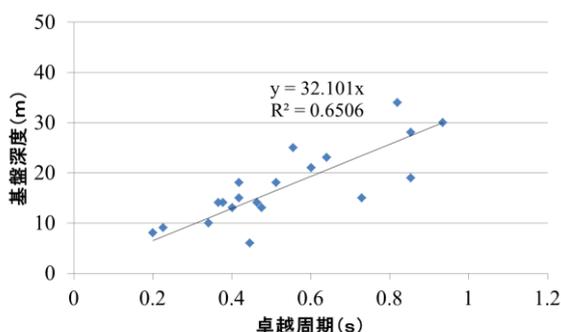


図3 基盤深度と卓越周期の関係(2)

4. 三層構造地盤の基盤深度推定

粘性土層、砂礫層、基盤の三層構造地盤について、

一次元地震応答解析プログラム DYNEQ³⁾を用いて、重複反射理論により、観測結果から逆解析的に砂礫層のS波速度を推定した。結果、砂礫層のS波速度は330m/sとなり、さらに、同地区の砂礫層はほぼ基盤と同様に卓越周期に対して働いていることがわかった。このことから観測で得られた卓越周期と粘性土層のS波速度を(2)に適用したときに得られる層厚を粘性土層厚とし、砂礫層については線形近似することによって、ボーリング点間を内挿する。同地区の砂礫層厚は粘性土層厚に比べ小さいので、砂礫層の線形近似による基盤深度推定の精度の悪化は最小限であると考えられ、従来の全ての層を線形近似する内挿方法と比べ、より精度のよいボーリング点間の内挿を行うことができると考えられる。

5. まとめ

大明地区において、既存ボーリングによる地下構造情報が存在する地点で単点微動観測を実施し、基盤深度推定手法の妥当性を検証した。その結果、粘性土層と基盤という二層構造地盤では、得られた卓越周期から4分の1波長則を用いてある程度の精度で基盤深度を推定できること、粘性土層、砂礫層基盤という三層構造地盤を基盤と表層の二層構造仮定すると、推定される基盤深度と実地盤の基盤深度に大きな誤差が生じることが明らかになった。そのような地盤では、観測で得られた卓越周期と表層S波速度から粘性土層厚を推定し、砂礫層厚はボーリング点間で線形近似を行い推定することで、従来の全ての層を線形近似して基盤深度を求める方法と比べて地層の複雑な変化に対応したボーリング点間の内挿を行うことができることがわかった。本研究を遂行するにあたり、(一財)日本建設情報総合センター研究助成の支援を受けた。記して謝意を表する次第である。

参考文献

- 1)長郁夫: BID02.0, 2010.
- 2)桐山真臣: 常時微動観測と地盤情報データベースによる基盤・堆積構造の推定手法の構築に関する研究, 京都大学修士学位論文, 2015.
- 3)吉田望, 末富岩雄: DYNEQ: 等価線形法に基づく水平成層地盤の地震応答解析プログラム, 佐藤工業(株)技術研究所報, No. 22, pp. 61-70, 1996.