

地震計を用いた常時微動観測と地下構造推定の技術 修得

メタデータ	言語: jpn
	出版者:
	公開日: 2017-06-20
	キーワード (Ja):
	キーワード (En):
	作成者: 伊藤, 雅基
	メールアドレス:
	所属:
URL	http://hdl.handle.net/10098/10211

地震計を用いた常時微動観測と地下構造推定の技術修得

伊藤 雅基*

1. はじめに

21世紀に入り日本では巨大地震が度々発生 し、その強振動の作用に起因した地盤構造物の 深刻な被害が頻発している.特に建造物の倒壊 や道路の損傷、地滑りなどの地震災害の多くが 軟弱な地盤上で発生し、地盤構造の推定や地震 防災に関する研究^[1]の重要性が高まりつつある. また地震活動が活発となり、異常気象が目立っ てきた現在の状況を考えると、危険な地盤の地 下構造を把握し、起こりうる被害を予測するこ とが重要である.

そこで、本研修では、非破壊による物理探査 法で有効な一つである地震計を用いた常時微動 観測技術を修得し、得られた観測データをもと に地盤の振動特性や地下構造を推定し、地震防 災の研究に役立つ観測技術を身に着ける.

2. 常時微動について

常時微動とは、工場の稼働や人の往来、車の 移動などによる人工的な振動と波浪や雨、風な どの自然現象による振動が発信源となり、あら ゆる方向から波が到来し、地盤内部が常に揺れ ており、人間の感覚では捉えられない極微小な 地盤の揺れのことである.(図1参照)

常時微動観測はこの微小な地盤振動を測定す ることによって,地盤内部の振動特性や地盤構 造を推定することができる.



図1 常時微動の波形

3. 常時微動観測 BOX の製作

常時微動観測 BOX は,速度型地震計 (LE-3Dlite Mk II, Lennartz 社製),データロガー (LS-8800, 白山工業製),制御基盤,乾電池,

* 第2技術室 物理計測班

接続ケーブルから構成される.持ち運びがし易 いよう、市販の工具箱に収まるように観測 BOX (写真1参照)を製作した.また,今後,学生 や教員が手軽に使用できるように簡易操作マニ ュアルも製作している. (写真2参照)



写真1 観測BOXの概要



写真2 簡易操作マニュアル

4. 常時微動観測の技術修得

4.1 観測方法の概要

微動観測は、1 台の地震計を用いて行う単点 観測と複数台の地震計を用いて同時観測を行う アレイ観測がある.今回の研修では、アレイ観 測の方法と得られたデータの基本的な処理方法 について修得することを目的とした. アレイ観 測対象地点は,河川堤防の地盤が水平で直線が 取れる個所で実施した. 図2及び写真3にアレ イ観測の概要を示す. 観測は、地震計を専用ケ ーブルで計測データロガーにつなぎ、水平動 2 成分と鉛直動1成分の速度を計測する. 観測条 件は、フィルター80Hz、アンプ倍率1倍の条件 で計測を行い, 0.005 秒間隔で 10 分程度計測し 12万個ほどの微動データを得た. 地震計の間隔 は、1mから√3 倍の等比数列をとり、最大距離 は 73.8m とした. また, ロガーの GPS 機能によ り時刻校正を行い、配置した4台の地震計は同 時刻で観測されている.



図2 直線アレイ観測概要



写真3 直線アレイ観測状況

4.2 観測データの点検・照査

直線アレイ観測より得られたデータは、ロガ ーから変換ソフトにより CSV ファイル形式で 読める波形データ(水平動2成分,上下動1成 分)に変換した.観測データ(図3参照)の照 査として,観測開始から終了までの全データの 波形を他の観測点のデータと見比べて,ノイズ 等の異常データがないか点検した.今回のアレ イ観測では,静かな区間の測定データが必要と なる.そのため,データに異常があった場合は, 後にデータを処理する際に役立てるため,ノイ ズ等の発生した観測時刻について別途一覧表を 作成し記録した.

<< #716479 11/11 14:59:42:395

NS 成分

e the conductive states of the first of the second states of the second states and the second states and the second second

00026	EW 成分
anappalanterior contraction of a particular	aline and the second and the second second second

0003h	UD成分
www.watiplica	r-4/Verdlenderd/Verd

図3 波形データの一例

4.3 観測データのフーリエ変換

観測した地盤の周期や揺れやすさ、地下構造 を調べるために、得られたデータからノイズが 少ない区間を抽出し、南北方向(NS)、東西方 向(EW)、上下方向(UD)のフーリエスペクト ルの比(H/V比)を算出した.図4に3成分フ ーリエ及びH/Vスペクトル結果を示す.



図4 微動のフーリエスペクトル

今回の1点3成分観測では,水平(NS,EW)・ 上下(UD)方向の3成分の速度が観測され,3 成分のフーリエスペクトルが得られる.そのフ ーリエスペクトルに 1Hz 以下で 0.1Hz~0.3Hz のバンド幅の Parzen ウィンドウ処理を行い,NS

および EW 成分のフーリエスペクトルの自乗平 均を上下動のフーリエスペクトル UD で除する ことで H/V スペクトルを求める. H/V スペクト ル比は各観測点における複数の記録に対する相 加平均を表すものである.この観測スペクトル を求めることで、2 通りの方法で地下構造を推 定することができる.1 つ目の方法は、逆解析 を用いる方法である. もう 1 つの方法は, H/V スペクトルの短周期側および長周期側の卓越周 期を読み取って,4分の1波長則を適用する方 法がある. なお、図4においてフーリエスペク トルが卓越した周期が地盤の揺れやすい周期と 言われている.この卓越周期を読み取ることで、 観測した地盤の良し悪しを判断する基礎資料を 得ることができる.

4.4 盛土造成地における常時微動観測

1.E-02

1.E-03

1.E-04

1.E-05

0.1

⁻ourier Spectrum (cm/s•s)

過去の大規模な地震被害において,盛土造成 地の盛土部や切り盛り境界付近では、切土部と 比較し、被害が甚大であることが報告されてい る. 被害の要因として, 以下のことが挙げられ る.山地部で宅地を造成する場合は、一般的に 切土と盛土を組み合わせる方法で行う. 山の部 分を削り, 谷や沢の部分を埋めることで造成地 を平坦につくる. その盛土内では水の浸入を受 けやすく,地下水位がたまりやすい.排水対策 が十分に行われておらず、盛土と地山との境界 面等で定着が十分ではない場合には, 谷底をす べり面として地すべりが起こる.よって,地震

発生時には、砂地盤における液状化が起因した 地盤沈下や地滑りなどが現在までの多くの大規 模地震で見られる.本研修では,盛土造成地の 振動特性や地盤構造を把握するために, 盛土部 と切土部に常時微動観測を用いて調査を行った. 観測対象地は、図5に示すような谷を埋め立て た盛土部と地山(切土部)が混在する場所を選 定した.

図6に切土部と盛土部で実施した常時微動観 測から求めたフーリエスペクトルの結果を示す. 切土のフーリエスペクトルでは, 盛土に比べ H/V 振幅が小さく卓越周期が短い結果となった. 盛土のフーリエスペクトルでは、振幅が大きく 周期が長いことがわかり, 盛土部と切土部で明 確な違いが見られた.以上の結果から、微動観 測から地盤の振動特性を把握することが可能で あることがわかった.



図6 盛土造成地のフーリエスペクトル

4.5 常時微動観測による地下構造の推定

微動観測による地下構造の推定は, ボーリン グデータを初期値として与え,観測H/Vの逆解 析により地盤構造を推定する方法(図7参照) と, 直線アレイ観測情報を基に拡張空間自己相 関法を適用してレイリー波の位相速度の分散性 から地盤構造を推定する方法(図8参照)があ る. 今回の研修では, H/V の逆解析を行って地 盤構造の推定する方法を試してみた.まず観測 対象地付近のボーリングデータから盛土、軟弱 層,風化層,基盤からなる4層モデルを設定し、 初期モデルを基にS波速度と深さを初期値とし て与え, 観測で得られた H/V スペクトルの観測 値(H/V)と計算値(optimized)のピークが合うよ うに遺伝的アルゴリズムを用いて繰り返し計算 を行い最適化した.以上より、常時微動観測結 果を基に初期値を設定して逆解析することで地 盤構造をある程度,推定することができた.

5. おわりに

本研修を通じて,常時微動観測の概要や現地 観測の方法,観測データの処理方法など基本的 な技術を修得し,地盤の揺れやすい周期や振動 特性,地盤構造の推定方法について理解するこ とができた. 今後は,本研修の成果を地震防災 の研究に役立てていく予定である.

6. 参考文献等

[1] 伊藤雅基,小嶋啓介,桐山大志:常時微動観測 に基づく谷埋め盛土造成地の振動特性と地盤構 造の推定,福井大学地域環境研究教育センター 研究紀要,第23号(2016)







図8 アレイ観測による地盤構造の推定