

1. はじめに

地盤の動的特性を推定する試みの一つに、地表面の常時微動を計測し、水平振動成分と鉛直振動成分のスペクトル比(H/V)を表層地盤のS波増幅特性とみなす評価手法がある¹⁾。本報告では、その手法の簡便さを利用し、傾斜した地山に造成した盛土の常時微動からH/Vを求め、盛土厚と地盤の卓越周期の関係が評価できることを述べる。さらに、一次元重複反射解析により推定したS波増幅特性とH/Vの対応について考察する。

2. 常時微動計測の概要と分析方法

測定対象とした盛土は、図-1に示すように山腹北側斜面に造成されたもので、基盤は南北方向に約14%の勾配で傾斜している。周辺に民家はなく、近くを国道が通るが交通量は比較的少ない。また北側約5km先は海に面している。

測定位置は、東西方向に80m間隔で2測線(AおよびB)をとり、各測線上には60mピッチで4つの計測点(No.1~4)を設けた。図中の点線は切土と盛土の境界を示しており、今回の計測箇所はいずれも盛土部に位置する。また、施工前の地形図から測線AとBはほぼ同様の断面と推定される。

図-2に測線Aの断面図を示す。盛土表面から地山まで最も深い部分で層厚30m程度である。盛土は施工時期によって盛土1~3に分割され、地山は層厚10mの上部基盤岩と下部基盤岩で構成される。PS検層から推定したせん断波速度は、盛土1, 2が370m/s, 盛土3が450m/s, 上部基盤岩970m/s, 下部基盤岩2,000m/sである。No.1~4の各計測点における盛土厚(地表面から上部基盤岩までの深さ)は、それぞれ30m(No.1), 22m(No.2), 14m(No.3), 5m(No.4)である。

測定には測定周波数0.25~70Hz, 測定範囲0.00015~±10kineの性能を有するサーボ型速度計(東京測振製, VSE-15D)を使用した。測定は、1測点につき水平2方向と鉛直方向についてサンプリング周波数100Hz, 測定時間10分の条件で実施した。

測定した常時微動は、各成分ごとに20.48秒を1セットとして20セットを取り出し、フーリエ変換したのち、相乗平均してフーリエスペクトルを求めた。振動方向を考慮するために水平2成分を合成し²⁾、これを鉛直成分で除してH/Vとした。ただし、H/Vはバンド幅0.3HzのParzen Windowにより平滑化した。

3. 一次元重複反射解析

簡易的な予測方法として、不整形性の影響を無視し、一次元重複反射解析により測線Aの各測点における増幅特性を推定した。解析は、各測点直下の層構成を水平成層と仮定し、ボーリング調査、PS検層などから推定した地盤

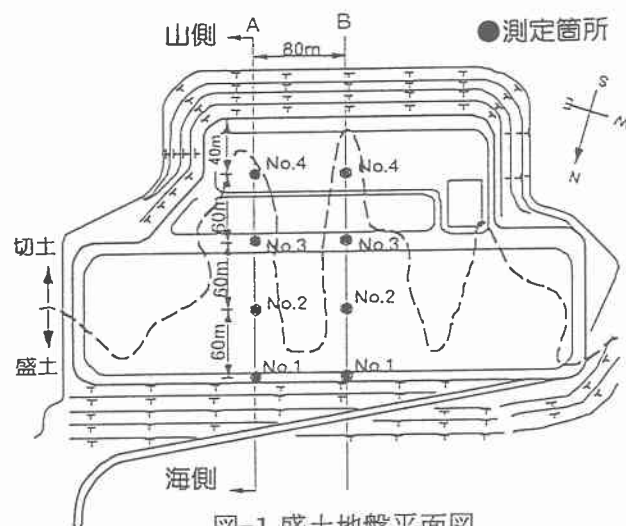


図-1 盛土地盤平面図



図-2 盛土地盤断面図(測線A)

表-1 解析に用いた地盤条件

測 点	種 類	層厚(m)	γ (tf/m ³)	G_0 (tf/m ²)	ho(%)
No.1	盛土1	20.0	1.85	29,000	5.0
	盛土3	10.0	2.00	40,000	5.0
	上部基盤	10.0	2.57	220,000	3.0
	下部基盤	—	2.57	1,000,000	2.0
No.2	盛土2	20.0	2.00	29,000	5.0
	盛土3	2.0	2.00	40,000	5.0
	上部基盤	10.0	2.57	220,000	3.0
	下部基盤	—	2.57	1,000,000	2.0
No.3	盛土2	14.0	2.00	29,000	5.0
	上部基盤	10.0	2.57	220,000	3.0
	下部基盤	—	2.57	1,000,000	2.0
No.4	盛土2	5.0	2.00	29,000	5.0
	上部基盤	3.0	2.57	220,000	3.0
	下部基盤	—	2.57	1,000,000	2.0

定数(表-1)を用いた線形解析とした。得られた地表面と下部基盤岩上面でのスペクトル比によってS波増幅特性数を求めた。

4. 計測結果および解析結果

図-3に得られたH/Vを示す。いずれの測点においてもH/Vは、周期0.1～0.3秒に明瞭なピークが見られ、その卓越周期は、盛土厚が厚いほど長周期側に移動している。卓越周期における最大増幅率は、No.1～3についてはほぼ5倍程度が、盛土厚が5mのNo.4については、他の測点ほどピークが明瞭でなく増幅率が小さい。また、No.3およびNo.4から盛土厚が薄くなるほど増幅率が小さくなる傾向にあることがわかる。

図中に点線で示す重複反射解析によって求めたS波増幅特性と各測点のH/Vを比較すると、両者の波形は類似しており、特に盛土厚が厚いNo.1、2ではほとんど一致している。ただし、解析によるS波増幅特性に見られる2次または3次のピークは、微動によるH/Vからはっきりと読み取ることとはできない。卓越周期における最大増幅率については、微動によるH/Vと解析によるS波増幅特性には良い対応が見られ、盛土厚が厚いNo.1～3では、解析によるS波増幅特性とほぼ同じ増幅率となっている。

図-4は、盛土厚と各測点における卓越周期の関係をプロットしたものである。■で示す重複反射解析では0.09～0.30秒の範囲、○および●で示す微動によるH/Vでは、0.13～0.30秒の範囲でほぼ線形関係となっている。この図からも、微動によるH/Vから求めた卓越周期が、重複反射解析による卓越周期と非常に近いことがわかる。

以上のように、H/Vに明瞭なピークが発現し、解析によるS波増幅特性とも良い対応を示した理由には、盛土から下部基盤岩までのS波速度のコントラストがはっきりしていることや、層構成が単純であることなどが考えられる。また、計測された微動には下部基盤岩より深い層の影響は含まれていないことが推察される。ただし、盛土厚が厚い測点では、H/VとS波増幅特性との良好な一致が見られるものの、盛土厚が薄い測点では若干のずれが見られる。その理由の一つとして、盛土厚にある程度の厚みがない場合には、地山の不整形性の影響が強くなり、重複反射解析では対応しきれない可能性が考えられる。

5. まとめ

今回の検討では、微動によるH/Vで盛土地盤におけるS波増幅特性を表されるものとして、傾斜地盤上の盛土地盤でのH/Vと盛土厚の関係について考察した。その結果、H/Vは明瞭なピークを持ち、その卓越周期には盛土厚の影響がよく反映されていた。また、測点直下地盤を水平成層とみなした重複反射解析より求めたS波増幅特性は、層厚が厚い場合はH/Vと良い対応を示した。ただし、層厚が薄い測点では卓越周期、増幅率ともに若干のずれがあった。その理由を明らかにするためには、今後同種の計測データの蓄積や、多次元解析による地山の不整形性の影響について考察する必要があると考えている。なお、本研究の遂行にあたり、大林組技術研究所の松田、佐藤両氏から貴重なご意見をいただきました。ここに記して謝意を表します。

[参考文献]

- 1) 中村豊, 上野真: 地表面震動の上下成分と水平成分を利用した表層地盤特性推定の試み, 第7回日本地震工学シンポジウム, pp.265-270, 1986
- 2) 小林喜久二: やや長周期微動の基礎的性質と地下構造推定への応用, 第17回地盤震動シンポジウム, pp.19-30, 1989

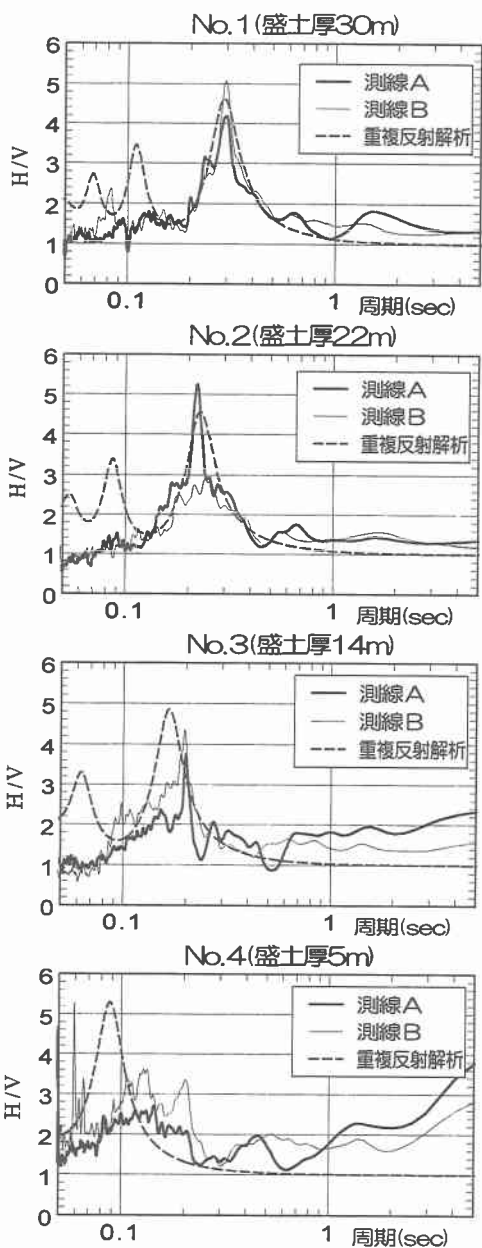


図-3 各測点におけるH/V

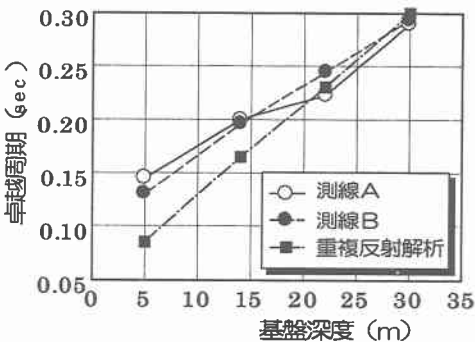


図-4 盛土厚と卓越周期の関係