

諏訪湖南東部における常時微動 H/V スペクトル比の特徴

(株) ニュージェック ○正 鈴木達也 正 平井俊之 堤 杏紗
正 戎 健次 正 深津宗祐
大阪市立大学大学院 正 大島昭彦 学 中村優孝

1. まえがき

中央構造線と糸魚川-静岡構造線の交わる位置にある諏訪湖は、活発な横ずれ断層によってできた盆地であり、複雑な地質構造となっている。周囲を山々に囲まれ、山麓からは河川が諏訪湖へと流入するため、諏訪湖周辺部は日本でも有数の軟弱地盤地帯となっている。現在、地震時に特に揺れやすい地盤であることなどが問題となっている。特に諏訪湖南東部は上川・宮川の流れる低平な沖積平野となっており、地表面下 15~30m 付近まで続く沖積層は、主として高有機質土を含む粘性土やシルトといった非常に軟弱な堆積層から成る。このような軟弱地盤における地震時の被害規模は表層地盤の震動特性に大きく依存する。そこで、常時微動観測を行い、表層地盤の震動特性として常時微動 H/V スペクトル比（鉛直・水平成分のフーリエ振幅スペクトル比）の特徴を整理した。

2. 検討方法

常時微動観測による H/V スペクトル比と地盤の増幅特性には高い相関性があり、常時微動の単点観測結果より求めた H/V スペクトル比の卓越周波数は、一般に地盤の卓越周波数と一致するとされている¹⁾。

諏訪市内における既存のボーリング調査結果²⁾より、N 値 50 以上の工学的基盤まで達している地点を抽出し、工学的基盤面の上面標高の違い等を比較できるように考慮して選定した 117 地点において、常時微動観測を行った。各観測点において、サンプリング周波数を 100Hz とし水平 2 成分(NS 方向・EW 方向)と鉛直 1 成分の計 3 成分を 13 分間ずつ観測した。常時微動観測記録から H/V スペクトル比を算出する手順は以下の方法で実施した。

①常時微動観測記録の各成分について 0.1Hz のハイパスフィルターを施す。②得られた時刻歴波形の中から、記録用紙などを基に交通などの影響が少ないと考えられる 163.84 秒の区間を 3 区間抽出する。③抽出した区間毎の時刻歴波形をフーリエ変換し、成分毎のスペクトルを求める。水平成分のスペクトルについては、NS 成分と EW 成分各々の二乗値和の平方根により求める。④水平成分と鉛直成分のスペクトルは Parzen ウィンドウを用い、バンド幅 0.05Hz で平滑化を行う。⑤水平成分のスペクトルを鉛直成分のスペクトルで除して H/V スペクトル比を求め、3 区間分を単純平均したものを常時微動 H/V スペクトル比とする。

3. 検討結果

図-1 に常時微動 H/V スペクトル比の卓越周波数分布を示す。諏訪湖沿岸部には 0.6Hz 未満の低周波数域に卓越周波数が見られる一方、山麓付近では 1.6Hz 以上の高周波数域に卓越周波数が表れている。国土地理院の解説書³⁾によると、この付近のボーリング（深度 400m；山崎ほか、1988）では、深さ 370m 以浅は砂・シルトの互層で高有機質土（泥灰、黒泥）の薄層が挟まれ、盆地縁に近いほど堆積速度（沈降速度）が小さくなり、諏訪盆地が船底状に沈降しているとされる（町田ほか編、2006）。このような地盤構造による増幅特性の違いが常時微動の観測結果に明確に表れていることが確認できる。

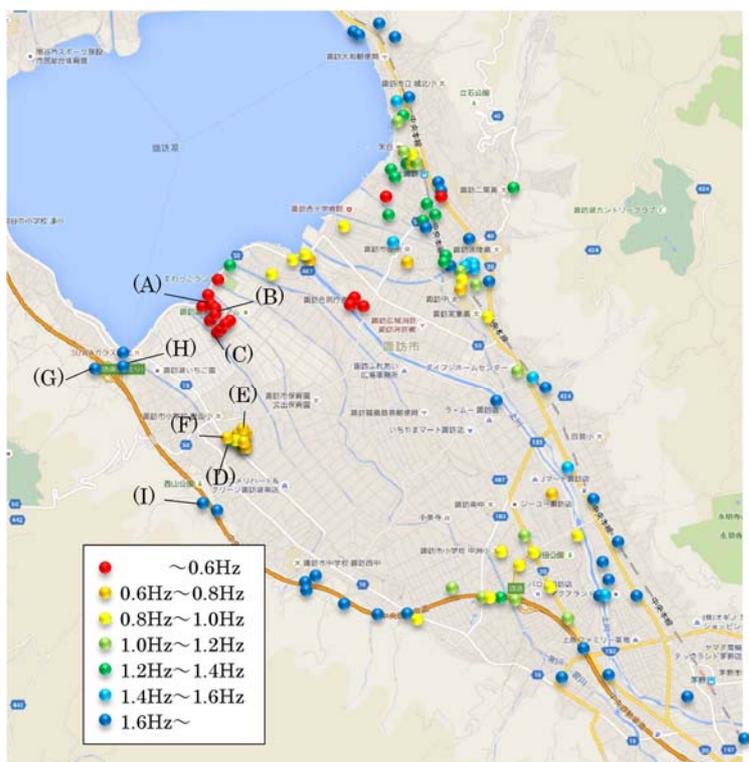


図-1 常時微動 H/V スペクトル比の卓越周波数分布

次に、図-1 に示した(A)~(I)地点の計測結果から得られた H/V スペクトル比の例を図-2~図-4 に示す。図-2 の(A)~(C)が諏訪湖沿岸の埋立地、図-3 の(D)~(F)が盆地内の軟弱地盤、図-4 の(G)~(I)が山麓付近の硬質地盤における結果で、それぞれ比較的地盤条件の似た地点の計測結果を選出した。図-2 における埋立地では 0.4Hz 付近に明確なピークが表れた。このことから、軟弱な地盤が深層まで続き、深部にコントラストの強い面が存在することがわかる。図-3 における軟弱地盤では 0.8~1.2Hz にピークが表れた。これは比較的浅い部分の増幅特性が表れており、明瞭なコントラストを有する面が存在していると考えられる。図-4 における硬質地盤では 3Hz 以上の高周波数域に弱いピークが表れた。このことから極表層付近に、ある程度のコントラストを有する面が存在することがわかる。

図-2~図-4 の比較からも分かるように、常時微動 H/V スペクトル比のピークの一般的な特徴として、表層地盤が硬い(工学的基盤面が浅い)地点では卓越周波数が見えにくく、高周波数側に弱いピークが表れ、軟弱な地盤(工学的基盤面が深い)ほど低周波数側にピークが顕著に表れるということが確認された。また、図-3 において、地点(D)の卓越周波数は他の二地点に比べて高いが、ボーリング柱状図より、工学的基盤面が地点(D)のみ浅いことが確認できた。

以上より、工学的基盤の上面標高と常時微動 H/V スペクトル比の卓越周波数との相関関係が見いだされたため、図-5 に各ボーリング柱状図から読み取った工学的基盤の上面標高と常時微動 H/V スペクトル比の卓越周波数との関係を示す。ばらつきはあるが、分布が右肩上がりになっており、基盤深度が浅いほど卓越周波数は高周波数域に、基盤深度が深いほど卓越周波数は低周波数域に現れるという関係が確認できた。

4. まとめ

諏訪市における常時微動 H/V スペクトル比の卓越周波数の特徴として、埋立地のような非常に軟弱な地域では 0.4Hz 付近、盆地内では 0.8~1.2Hz、山麓付近では 3Hz 以上の高周波数域にピークが表れた。今後、盆地外も含め、ボーリング調査を行っていない地点において常時微動観測をより密に行うことで、地盤特性を面的に把握し、防災面に活用することができる。なお、諏訪湖周辺は、河川の作用や火山の影響等も多く受けている地域であるため、地質構造等を卓越周波数と照らし合わせて検討していく必要があると考えられる。

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)長野県諏訪湖流域下水道事務所: 土質調査総集編(諏訪盆地地盤図) 報告書, 1983. 3)国土地理院調査書, 『土地条件図「諏訪」 解説面 (D2-60)』, 2009.

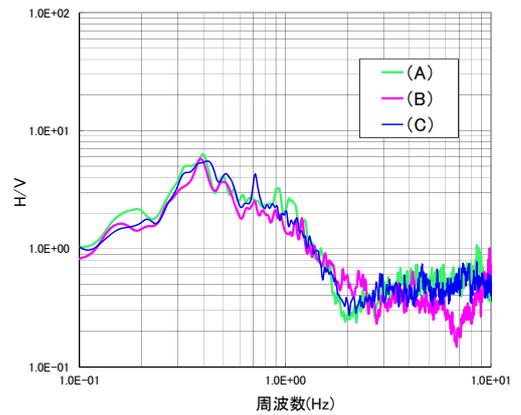


図-2 常時微動 H/V スペクトル比(埋立地)

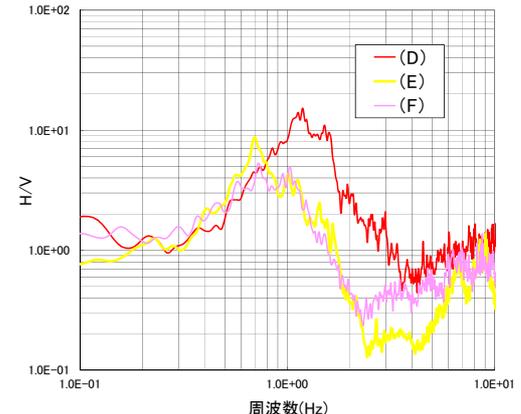


図-3 常時微動 H/V スペクトル比(軟弱地盤)

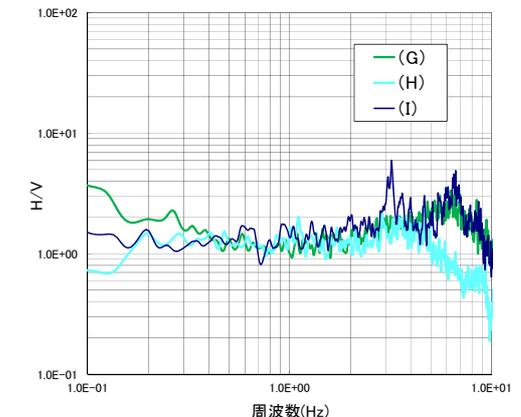


図-4 常時微動 H/V スペクトル比(硬質地盤)

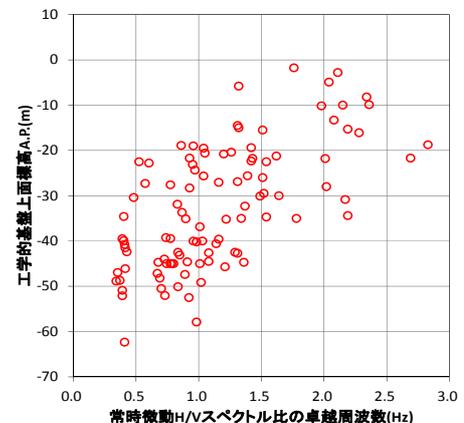


図-5 常時微動 H/V の卓越周波数と工学的基盤の上面標高との関係