

KiK-net 強地震観測地点における微動 H/V 法の適用性に関する検討

Examination about applicability of microtremor H/V method at KiK-net strong motion observation sites

澤田 義博[1], 南雲 秀樹[2], 渡辺 海奈都[2], 工藤 一嘉[3]

Yoshihiro Sawada[1], Hideki Nagumo[2], Minato Watanabe[1], Kazuyoshi Kudo[3]

[1] 名大・工・社会環境, [2] 名大・工・土木, [3] 東大地震研

[1] Civil Eng., Nagoya Univ, [2] Dept. of Civil Engineering, Nagoya Univ., [3] Earthq. Res. Inst., Univ. Tokyo

地表における微動の水平動と上下動のスペクトル比が地盤の地震増幅特性に近似するという、いわゆる微動 H/V 法に関しては、これまで多数の研究がなされているが、検討対象とする地盤構造の把握の程度や計測・解析条件が必ずしも統一されておらず、また、理論および地震観測による検証も不十分な例が多い。

H/V 法の適用性を地震観測記録と地盤構造に基づく理論の両面から検討するには、地震計が地表と地下に設置され、かつ地盤構造が既知である地点を対象とする必要がある。KiK-net 強地震観測地点はこの条件を満たす。今回は基盤からの増幅を考えるため、地中地震計を設置した岩盤の Vs が 1500m/s 以上の地点を抽出し、このうち 70 地点を微動観測対象地点とした。

大部分の地点では固有周期 5 秒の高感度速度計 (PMK-110) を用いて 3 成分微動観測を行った。解析には、交通振動等によるノイズの影響のない 40.96 秒のデータ 10 セットを使用した。それぞれのフーリエスペクトル (Parzen ウィンドウで平滑化) を求め、NS 成分と EW 成分の幾何平均を水平成分とし、水平と上下成分の比を 10 セットについて算術平均して最終的な H/V スペクトル比とした。

KiK-net 地点における地震観測データのうち、S/N、表面波の混入、基盤への入射角等を勘案し、5 ヶの記録を選定し、S 波の到達から 5 秒間を解析データとした。また、PS 検層データから求めた地表と地中の伝達関数と観測結果が整合しない地点がかなりあるため、観測データから地盤の S 波速度、Q 値を最適化した。

まず、地震観測記録から、スペクトル比を求め、微動 H/V と比較した。a: 地表と地中の水平成分のスペクトル比 (水平成分伝達関数)、b: 地表の水平成分と上下成分のスペクトル比 (地震動 H/V)、c: 地表と地中の水平成分と上下成分のスペクトル比 (伝達関数 H/V)。

卓越周波数に関しては、約 75% の地点で微動 H/V と上記スペクトル比のいずれとも良い対応が見られる。

水平成分伝達関数は微動 H/V の振幅よりかなり大きい。一方、地震動 H/V および伝達関数 H/V の振幅は微動 H/V とほぼ同程度であり、スペクトル比の形状もかなり近似する。こうした地点はやはり全体の 75% 程度である。このことは、微動 H/V が水平成分の増幅特性のみならず、上下動成分の増幅特性にも影響されていることを示唆する。

地震動 H/V は伝達関数 H/V よりわずかに振幅が大きい。これは基盤における S 波の水平成分と上下成分の比 (入射角から概ね 1 : 0.7) でほぼ説明できる。

次に、実体波およびレイリー波の理論 H/V を求め、微動 H/V と比較した。a: 基盤入射波の水平成分に対する地表層の増幅特性 (S 波増幅特性)、b: S 波増幅特性と P 波増幅特性の比 (理論 H/V)、c: レイリー波の水平成分と上下成分の比 (レイリー波 H/V)。なお、理論 H/V は基盤入射の水平成分と上下成分の比を 1 : 0.7 と仮定した。

卓越周波数に関しては、いずれの理論値も微動 H/V と良く一致する。

スペクトル振幅、形状は、微動 H/V は S 波増幅特性より P 波増幅特性を考慮した理論 H/V に近似する。

卓越周波数、スペクトル比が一致する地点は全体の約 50% と地震観測との比較に比べ少ないが、これは選定した KiK-net 観測地点が山間部の比較的硬質または岩盤に近い地盤であり、地形や不整形地盤の影響を受けているためと考えられる。

以上より、微動 H/V 法は、明瞭な卓越周波数が現われる場合、少なくともその地盤の不整形や地形も含む卓越周波数を推定する手法として有効であろう。一方、スペクトル特性については、微動 H/V は入射波地震応答の H/V、つまり基盤に入射する地震波の水平成分の増幅特性と上下成分の増幅特性の比に対応すると考えられる。現時点では両者の増幅特性を分離する手立てはないため、微動 H/V から地盤の S 波増幅特性のみを推定することはほとんど困難であり、その適用範囲は、入射波に対して、水平動に比べて上下動の増幅が無視できる極めて限られた特殊な地盤に限られよう。

なお、微動 H/V が地震動 H/V に近似する事実が応答スペクトルにおいても成立するならば、水平設計地震動のみ与えられた地点で微動 H/V から上下設計地震動を定めるのに利用できる可能性がある。