

Strong Ground Motion Estimation in Metro Manila (Philippines) from a Scenario Earthquake of the West Valley Fault (Part 2)

微動のアレイ観測から推定したモンテルパ市の地盤S波速度構造

新井 洋¹⁾・久保 哲夫¹⁾

1) 正会員 防災科学技術研究所, 〒651-0073 神戸市中央区脇浜海岸通 1-5-2, arai@edm.bosai.go.jp

1. はじめに

筆者らは、文部科学省科学技術振興調整費による多国間型国際共同研究「アジア・太平洋地域に適した地震・津波災害軽減技術の開発とその体系化に関する研究」(研究代表者: 亀田弘行)の活動の一環として、マニラ首都圏南端部のモンテルパ市における強震動評価を現在進行させている。強震動評価では堆積地盤のS波速度構造が必須となるが、この地域の地盤の速度構造に関する情報は全く無い。そこで既報¹⁾では、モンテルパ市において、西マリキナ断層を横断する測線に沿って微動の移動1点観測を行い、H/Vスペクトル^{2), 3)}の位置的变化から地盤構造の概略を把握した。本報(Part 2)では、測線の近傍で断層を挟む2地点において微動のアレイ観測を行い、地震基盤までのS波速度構造を推定する。

2. 微動のアレイ観測

アレイ観測を行った2サイト(以下、サイトA, B)の位置を図1に示す。図には、移動1点観測を行った9地点(M00-M08)¹⁾の位置も示す。観測点M00-M04とM05-M08とでは、微動H/Vスペクトルの周期特性および絶対値が大きく異なっている¹⁾。また、観測点M04-M05間では南北方向の断層トレースが観察されている(図1)⁴⁾。このことから、観測点M04-M05より西側(山側)のサイトAと東側(湖側)のサイトBとでは地盤構造が大きく異なっている可能性が高い。

アレイ観測は、2003年2月中旬の日中に行った。アレイの形状は中心1点を持つ五角形、半径はサイトAでは2.5-120mまで、サイトBでは1.0-280mまでの範囲で、それぞれ2倍程度ずつ変化させた。微動計は、固有周期1秒または5秒の3成分速度計を用い、半径が40m程度以下のアレイでは1秒計を、それ以上では5秒計を使用した。アレイごとに、それぞれ数分ないし数十分間、各点3成分計18成分の微動を同時観測した。観測波形は増幅後、サンプリング周波数100-500HzでA/D変換(24bit)し、ノートパソコンに記録した。記録波形が定常性を保っていると考えられる区間を選び、各成分2048ないし8192ポイントのデータセットを24-40ないし8-17個作成して、以後の解析に用いた。

3. 微動の分散特性とH/Vに基づくS波速度構造推定

観測された微動の鉛直成分に対しF-kスペクトル解析⁵⁾を行って、有効波長をアレイ半径の2-6倍の範囲として周波数-位相速度の関係(分散曲線)を求めた。

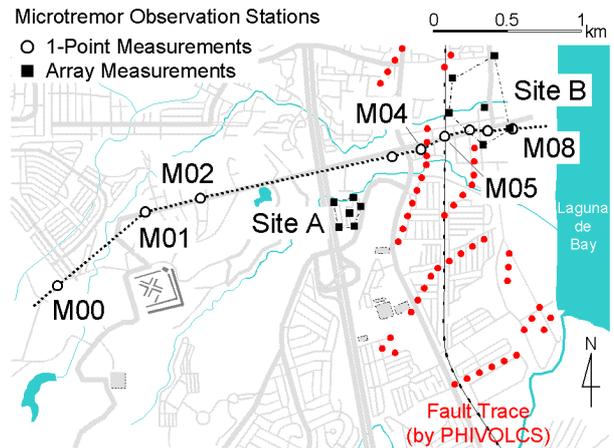


図1 微動のアレイ観測および移動1点観測地点と断層トレース⁴⁾

また、各観測点で得られた3成分微動データに対しH/Vスペクトル³⁾を求めた。図2, 3に、サイトA, Bで得られた微動の位相速度とアレイ内の平均H/Vスペクトルを印で、H/Vスペクトルのアレイ内での位置的変動(平均値±標準偏差)を細実線で示す。図から、いずれのサイトでも、得られた位相速度は表面波特有の分散性を示し、またH/Vスペクトルのアレイ内での位置的変動は概ね小さい。そこで、地盤を5層の水平成層構造と仮定し、各サイトで得られた微動の分散曲線とアレイ内の平均H/Vスペクトルを表面波によるものと考え、高次モードの影響を考慮した同時逆解析⁶⁾を行って、深度3km程度以浅のS波速度構造を推定した。この際、各層のP波速度と密度はS波速度を参考に仮定した。図4に、推定されたS波速度構造をその推定標準誤差とともに示す。標準誤差の値は推定値の10%以下となっている。図2, 3の太実線は、各サイトの推定地盤構造に対応するRayleigh波の理論分散曲線および表面波の理論H/Vスペクトル³⁾である。いずれのサイトでも、分散曲線、H/Vスペクトルとも理論値は観測値と良く適合しており、逆解析が適切に行われたことが示唆される。また、観測後に各サイトの近傍で行った表層地盤のボーリング調査結果(Part 3にて詳述)は、推定された地盤構造と概ね整合している。以上の結果は、微動から推定されたS波速度構造の妥当性を支持するものと考えられる。

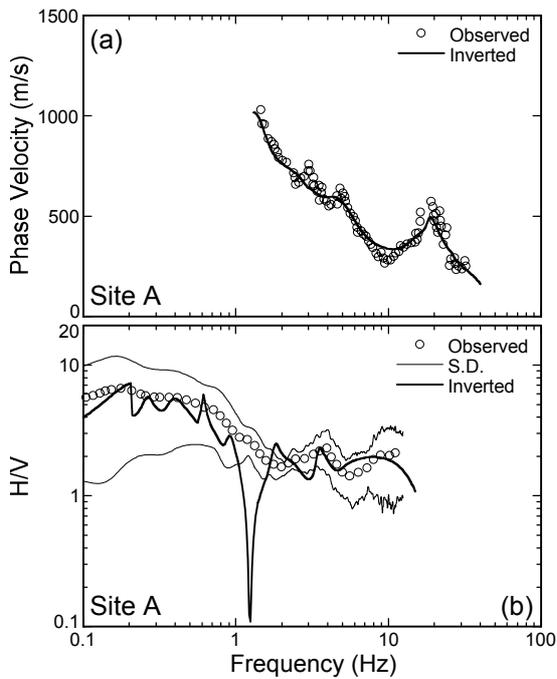


図 2 サイト A の微動の (a)鉛直成分の分散特性および (b)H/V スペクトル

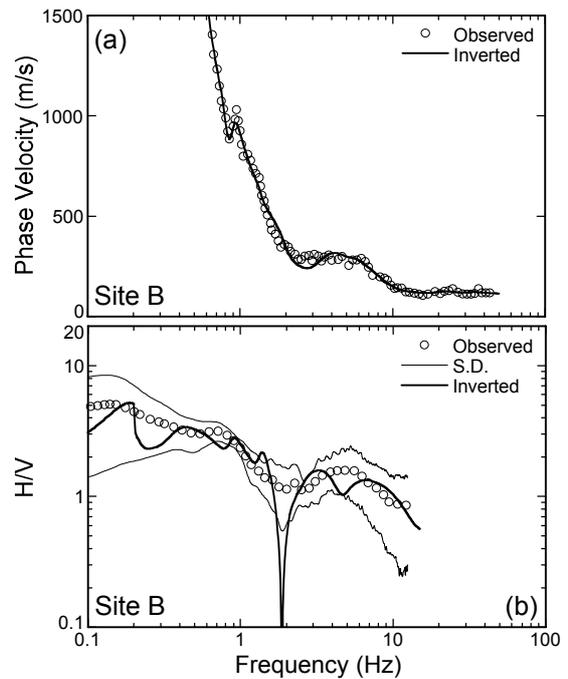


図 3 サイト B の微動の (a)鉛直成分の分散特性および (b)H/V スペクトル

なお、本報での推定 S 波速度構造によれば、地震基盤（S 波速度 3km/s 程度以上）の出現深度は、サイト A の方がサイト B よりも 1km 程度浅くなっている。両サイトの間では断層トレースが観察されていることから、この基盤深度の差異は断層によるものとも考えられる。一方、Yamanaka *et al.* (2002) が微動のアレイ観測および反射法地震探査に基づいて推定した西マリキナ断層北部地域での深部地盤構造⁷⁾によれば、地震基盤の出現深度は、断層の西側の方が東側よりも深くなっており、本報での推定結果はこれと逆センスである。その理由には、微動 H/V スペクトルのアレイ内での位置的変動が 0.5Hz 程度以下ではやや大きく（図 2, 3）推定された深部構造の精度がやや低い可能性や、本報の対象地域は Yamanaka *et al.* (2002) のそれより南側に 20km 程度離れていること、また当該断層の南部セグメントは非地震性のものであり⁷⁾、北部のそれとは性質が異なっていること、などが考えられるが、現状では判断がつかない。今後の課題としたい。

4. まとめ

マニラ首都圏南端部のモンテンルパ市において、西マリキナ断層を挟む 2 地点で微動のアレイ観測を行い、地震基盤までの地盤の S 波速度構造を推定した。両地点の推定基盤深度は 1km 程度異なっており、これは断層によるものとも考えられるが、不確定な部分もあり、さらに検討が必要である。

謝辞：微動のアレイ観測では、フィリピン火山地震研究所 (PHIVOLCS) の Bartolome C. Bautista 氏、Maria Leonila P. Bautista 氏、Ishmael C. Narag 氏、Esmeralda C. Banganan 氏、名古屋工業大学久保研究室の青野松雄氏、防災科学技術研究所の馬場美智子氏、Nelson E.

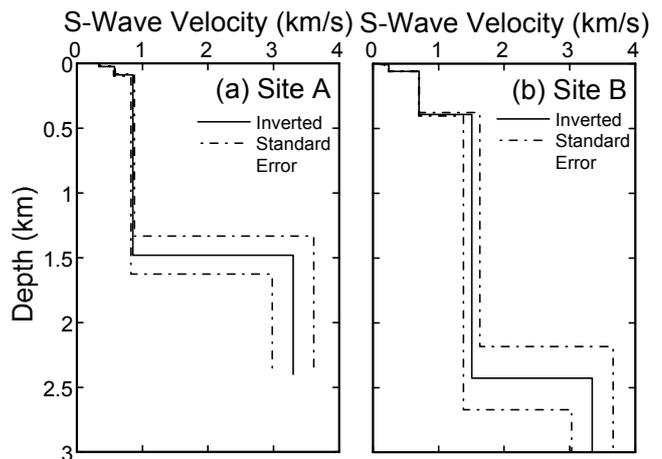


図 4 推定された S 波速度構造

Pulido H. 氏、山下忠道氏、東京大学山崎研究室の村岡七重氏の協力を得た。記して謝意を表す。

参考文献：1) 新井洋、久保哲夫：フィリピン・モンテンルパにおける断層近傍での微動観測、建築学会大会梗概集、構造 II、213-214、2003。 2) 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、7th JEES、265-270、1986。 3) 時松孝次、新井洋：レイリー波とラブ波の振幅比が微動の水平鉛直スペクトル比に与える影響、建築学会構造系論文集、511、69-75、1998。 4) PHIVOLCS: Valley Fault System, Muntinlupa City Quadrangle, 2000。 5) Capon, J.: High-resolution frequency-wave number spectrum analysis, Proc., IEEE, 57(8), 1408-1418, 1969。 6) 新井洋：微動の分散特性と H/V スペクトルの逆解析による S 波速度構造の推定, 10th JEES, 613-618, 1998。 7) Yamanaka, H. *et al.*: Metro Manila, In Search of a Sustainable Future, Impact Analysis of Metropolitan Policies for Development and Environmental Conservation (Tatsuo Ohmachi and Emerlinda R. Roman, Editors), JSPS Manila Project, 7.2 Estimation of Seismic Risk in Metro Manila, 308-326, 2002。