

## 상시미동을 이용한 제주도 횡파속도 구조

김기영<sup>1)</sup>, 홍명호<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>강원대학교 지구물리학과, [kykim@kangwon.ac.kr](mailto:kykim@kangwon.ac.kr)

<sup>2)</sup> LG 상사, 석유사업부

## Shear-wave velocity structures of Jeju Island using microtremor data

Ki Young Kim<sup>1)</sup> and Myung Ho Hong<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Department of Geophysics, KNU

<sup>2)</sup>Oil Exploration Division, LG International Corp.

### 서론

제주도는 한반도 남쪽 90 km 떨어진 곳에 위치한 화산섬으로, 플라이소세 분출한 해발고도 1950 m 의 한라산을 중심으로 형성된 순상화산이다(Fig. 1). 제주도의 기반암은 중생대 백악기-신고생대 화강암으로, 그 위를 시대미상의 응결응회암이 덮여 있다. 이들 위에는 해양퇴적층인 U 층과 서귀포층이 쌓여 있고, 최상부층은 분출현무암으로 구성되어 있다(오진용 등, 2000). 지하지질구조를 밝히기 위하여 중력(Kwon et al., 1995; Lee et al., 1983), 자력(Kwon et al., 1995), 지전기(Lee and Kim, 1993), 자기지전류(최지향 등, 2007; 권병도·이희순, 1997) 등의 방법을 이용한 지구물리학적 연구가 수행된 바 있다. 이 연구에서는 제주도에 이 동식 광대역 지진계 4 대를 이용하여 기록한 상시미동자료를, Aki(1957)의 공간자기상관법(SPAC)과 Nakamura(1989)의 수평/수직성분(H/V) 스펙트럼비 방법으로 분석하고, 주변 심부시추자료와 비교하여, 제주도 지하 횡파속도 구조를 해석코자 한다.

### 자료기록 및 처리

상시미동자료는 2009 년 11 월과 2010 년 6 월-9 월 사이에 이 동식 광대역 3 성분 지진계인 Trillium Compact 4 대를 이용하여 기록하였다. 2009 년 조사시에는 해안선으로부터 8 km 이내에 위치한 B1, B3, B4, B5 의 4 곳에서 선형전개 방식으로 전개길이 150-1200 m 인 자료를 24-bit Taurus 기록계에 100 Hz 샘플률로 30-60 분간 기록하였다(Fig. 1). 2010 년 여름철 조사시는 더 깊은 깊이까지를 분석하기

위하여, B2, B3, B6의 조사지에서 전개길이 100–5944 m인 자료를 불규칙전개 방식으로 기록하였다. SPAC 분석을 위한 자료처리는 확장공간자기함수 분석법(Okada, 2003)의 일반적 처리과정을 따라, 포맷변환, 위치 및 성분별 분류, 위치정보 입력, 파워스펙트럼 계산, 저주파차단필터, SPAC 함수 및 SPAC 매개변수 계산, 분산곡선 작성, 위상속도 평가, 역산, 1차원 횡파속도 구조의 순서로 처리하였다.

B2와 B6 자료의 H/V 스펙트럼 분석을 위해서는 홍명호·김기영(2010)이 조사지 B1과 B3–B5에 적용했던 방법을 적용시켰다. 자료에 FFT 변환을 수행한 후, 수직 및 수평성분의 진폭스펙트럼을 구하였고, DC 및 선형성분을 제거한 후, 각 측정위치별로 H/V 스펙트럼비를 구하였다. 조사지별로 각 측정위치자료들을 중첩하여 조사지별로 부드러운 H/V 스펙트럼비를 구하고, 기반암까지의 깊이를 계산하였다.

### 자료해석 및 결론

역산모델은 제4기 분출현무암층 하부에 저속도층이 존재함을 보인다(Fig. 2). 한라산 주변의 저속도층은 주변 심부 시추공 자료의 플라이스토세 서귀포층과 U층에 대비된다. 이 저속도층 하부에는 백악기–신고생대 화강암 상부에 높은 응결응회암 내에서 횡파속도가 깊이에 따라 점진적으로 증가한다. 한라산 하부의 평균횡파속도 1.4 km/s인 저속도층은 속다가 매우 느린 화산암이나 육상 퇴적암이 존재할 가능성을 제시한다. 상시미동자료에 적용한 H/V 스펙트럼비 방법은 다른 지구물리학적 조사자료나 심부 시추공자료와 대체로 일치하는 결과를 보인다(Table 1). 제주도 기반암은 중심부로 갈수록 깊어져서, 한라산 하부에서는 최대 4.5 km에 달하는 것으로 분석된다.

### 참고문헌

- 권병두, 이희순, 1997, 화산섬의 지구물리학적 및 환경지질학적 특성 비교연구: 제주도과 하와이제도, 한국지구과학회지, 18, 217–238.
- 오진용, 이성숙, 윤선, 고기원, 윤혜수, 이종덕, 2000, 제주도 지하층서, 지질학회지, 3, 181–194.
- 최지향, 김희준, 남명진, 이태중, 한누리, 이성곤, 송윤희, 서정희, 2007, 2차원 MT 자료의 3차원 역산을 통한 제주도 지전기구조 연구, 물리탐사, 10, 268–274.
- 홍명호, 김기영, 2010, 제주도 상시미동의 H/V 스펙트럼비 분석, 지구물리와 물리탐사, 13, 144–152.
- Aki, K., 1957, Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors. Bulletin of Earthquake Research Institute, 35, 415–456.

- Choi, S.H., Mukasa, S.B., Kwon, S.-T., and Andronikov, A.V., 2006, Sr, Nd, Pb and Hf isotopic compositions of late Cenozoic alkali basalts in South Korea: Evidence for mixing between the two dominant asthenospheric mantle domains beneath East Asia. *Chemical Geology*, 232, 134-151.
- Kwon, B.-D., Lee, H.-S., Jung, G.-G., and Chung, S.-W., 1995, Investigation of subsurface structure of Cheju Island by gravity and magnetic methods. *Economic and Environmental Geology*, 28, 395-404.
- Lee, K., Jeong, B.I., Choi, K.S., and Lee, S.K., 1983, A study of gravity and geomagnetism of Jeju Island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 19, 1-10.
- Lee, K. and Kim, H.S., 1993, Deep electrical soundings in the Cheju island. *Journal of the Geological Society of Korea*, 29, 30-38.
- Nakamura, Y., 1989, A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly Report of Railway Technical Research Institute*, 30, 25-33.
- Okada, H., 2003, The microtremor survey method. *Geophysical Monograph Series Number 12*, Society of Exploration Geophysicists, Tulsa, 135 p.

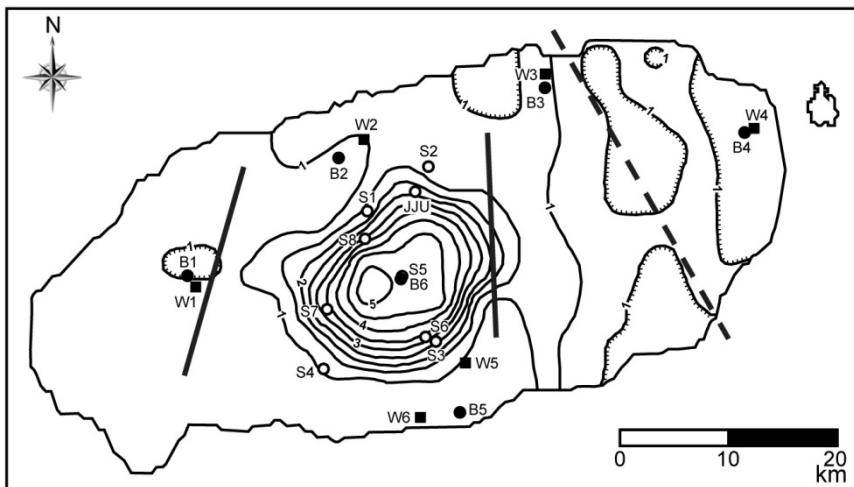


Figure 1. Map of Jeju Island showing six sites (B1-B6) for SPAC analysis of microtremors, six deep wells (W1-W6) near the study sites, and contours of depth to basement as derived by gravity modeling (Kwon et al., 1995).

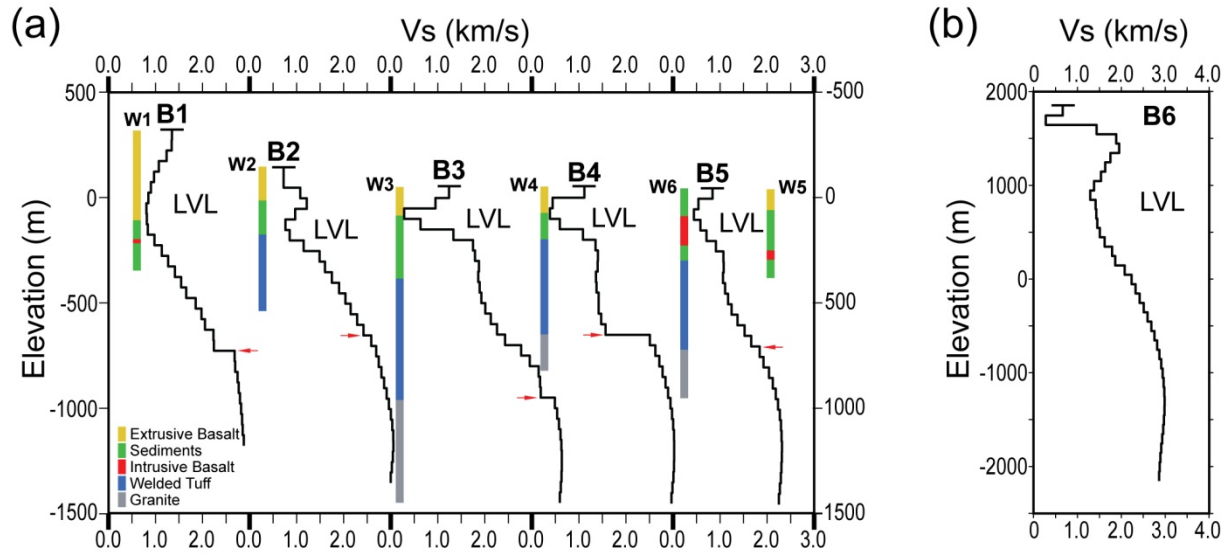


Figure 2. Shear-wave velocities ( $v_s$ ) derived by inversion of SPAC dispersion curves at sites (a) B1-B5 and (b) B6.

Table 1. Predominant frequencies of the H/V spectral ratios, estimated average velocities of the overburden layer and depths to the basement obtained by the H/V spectral ratio method. Data at site S6 were not used due to a low signal-to-noise ratio.

Site	Predominant frequency (Hz)	Estimated average $v_s$ (km/s)	Estimate depth below ground level (m)	Estimate depth below sea level (m)	Number of Stations used	Site elevation above sea level (m)
B1	0.34*	1.4 <sup>†</sup>	1,029	706	16	323
B2	0.50*	1.5 <sup>†</sup>	750	614	13	136
B3	0.61*	2.0 <sup>†</sup>	820	771	16	49
B4	0.52*	1.2 <sup>†</sup>	577	529	16	48
B5	0.51*	1.1 <sup>†</sup>	539	495	16	44
B6	0.11*	2.0 <sup>†</sup>	4,545	2,700	22	1845
S1	0.38*	2.0 <sup>‡</sup>	1,316	697	20	619
S2	0.59*	2.2 <sup>‡</sup>	932	639	20	293
S3	0.32*	1.7 <sup>‡</sup>	1,328	850	16	478
S4	0.51*	2.0 <sup>‡</sup>	980	601	16	379
S5	0.21*	1.8*	2,143	299	1	1844
S7	0.70*	1.8*	643	-267	1	910
JJU	0.41*	1.8*	1,098	643	1	455

\* from Hong and Kim (2010)

<sup>†</sup> computed from the present SPAC results in Figure 5

<sup>‡</sup> from Kim and Hong (2009)