

한반도 남동부 지역 속도구조를 고려한 감쇠상수 고유치 분리

정태웅¹⁾

¹⁾세종대학교 에너지자원공학과, chungtw@sejong.ac.kr

The Separation of Intrinsic and Scattering Seismic Attenuation in Southeastern South Korea, Based on the Velocity Structure

Tae Woong Chung¹⁾

¹⁾Dept. Energy & Mineral Resources, Sejong University

1. 서론

한반도 지역에 대하여 본연구팀은 P , S 파 (정과 사또, 2000; 정, 2001; 정외, 2001; Chung and Sato, 2001a; 2001b; Kim et al., 2004), Lg 파 (정, 2002; 2008; Chung and Lee, 2002; 2003; Chung et al., 2005; 2007)의 감쇠상수(Q^{-1})를 도출한 바 있다. 그러나, Q^{-1} 값은 고유감쇠 (Q_i^{-1})와 산란감쇠 (Q_s^{-1})가 합하여진 값으로 감쇠상수가 구하여지면 그것이 고유값인지 아니면 산란에 의한 효과인지를 알아야 한다. 고유감쇠 Q_i^{-1} 가 지진파의 탄성에너지를 열이나 다른 형태의 에너지로 전환하는 척도라면, 산란감쇠 Q_s^{-1} 는 지진파의 반사와 굴절, 위상의 변화를 나타내는 척도이다. 특히 고유감쇠는 부분용융에 민감하여 화산 지역의 마그마 활동정도를 판단하는데 이용되기도 한다 (예; Chung et al., 2009).

또한 고유감쇠 Q_i^{-1} 값은 S 파 직접파와 코다파의 진폭을 감쇠시키고, 산란감쇠 Q_s^{-1} 는 S 파 직접파는 감쇠시키는 반면 코다파는 증폭시키는 게 된다는 점에 착안하여 이론값과 관측되어지는 코다파 포락선값을 비교를 통하여 고유감쇠와 산란감쇠를 분리하는 다중지연시간창 해석법 (Multiple Lapse Time Window method; MLTW법)이 개발되었고 (Hoshiba et al., 1991), 정과 윤(2009)은 MLTW법에 의한 한반도의 고유감쇠값 분리연구를 수행, 도출된 값을 바탕으로 이론적인 Q_C^{-1} 값이 제시되었다(정, 2009a).

그런데, MLTW법의 이론값은 균질한 모델을 바탕으로 한 것인데, 한반도 지진파의 경우 모호면 반사에 의한 Lg 파가 탁월하여 수직적 속도구조 변화를 고려하여야 한다. Yoshimoto(2000)는 몬테카를로기법에 의한 직접파 시뮬레이션법 (Direct Simulation Monte Carlo method; DSMC법)으로 수직적 속도구조를 갖는 모델을 제안하였고 정 (2009b)은 이 방법의 유용성을 확인하였다. 이 방법으로 Chung(2010)은 한반도 속도모델

자료에 근거한 고유감쇠값 분리를 행하였다.

한반도의 속도구조는 지역적으로 차이가 나타나는데, DSMC법 해석에서 영향이 큰 모호면의 경우 연속적인 경우와 불연속적인 경우 등이 보고되고 있어서 (예; Yoo et al., 2007) 지역적 구분 없이 한꺼번에 해석할 경우 해석에 오류가 생길 수 있다. 한편, Lee et al. (2010)은 한반도 남동부 경상지역 지진자료에 대하여 DSMC법을 이용하여 고유치 분리를 행하였다. 그러나 이 연구는 한 지점의 속도구조에 대한 정성적인 해석으로, Chung et al (2010)에서 행한 바와 같이 경상지역에서 도출된 여러 속도구조에 대한 정량적인 비교연구가 필요하다.

2. 본 론

본 연구에서는 DSMC법에 의하여 불연속적인 모호면 (D1, D2, D3), 연속적인 모호면 (C1, C2)의 5 종류의 속도구조 모델 (Fig. 1)에 대하여 MLTW법을 적용, 감쇠효과 분리를 행하였다. D1, D2는 모호면 깊이가 32km, D3는 36km이다. D1은 지각이 균일하고 D2, D3는 지표면 3.5km/s에서 모호면 3.8km/s로 속도가 점증한다. 세 모델 다 상부맨틀 속도는 4.2 km/s이다. C1, C2는 D1, D2 모델과 마찬가지로 점증 패턴인데, C1은 32-34km, C2는 32-40km 구간에서 4.2km/s 속도까지 급증하는 모호연속층 모습을 보인다. 본 연구에 이용된 자료는 기상청(KMA)과 한국지질자원연구원(KIGAM) 관측소에 기록된 진원거리 80 km의 738 지진자료이다.

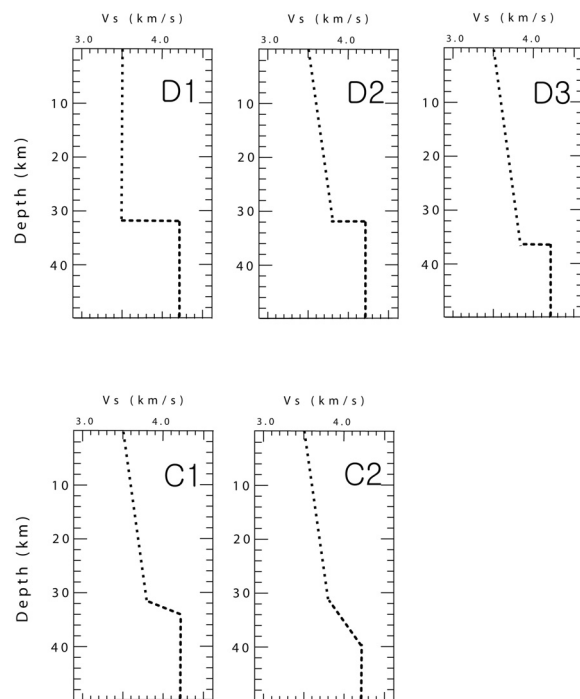


Fig. 1. The five models analyzed in this study. D1, D2, and D3 are discontinuous Moho models; C1 and C2 are continuous Moho models.

3. 결 론

MLTW법에서 모델 이론값과 관측값 차이 $M_{sum}(\eta_i, \eta_s)$ 값을 다섯 개의 모델에 대하여 Table 1에 비교한 결과, Chung et al (2010)의 결과와 마찬가지로 D2모델이 가장 적다. 그러나, C1 및 C2 모델과의 차이가 매우 적었고, C1 모델에 대하여 맨틀 산란값을 반으로 줄인 경우, $M_{sum}(\eta_i, \eta_s)$ 값이 3.91로 줄어서 가장 작은 값이 되었다. 이와같이 모델간의 잔차값이 적은 것은 조사 지역의 Moho면이 연속적인 것; C1(혹은 C2)과 불연속적인 것;

D2의 경우가 혼재되어 있는 것으로 유추될 수 있다.

Table 1. Comparison of the misfit values for the five depth-dependent models.

$f(\text{Hz})$	D1 ($M_{sum}=6.81$)			D2 ($M_{sum}=3.95$)			D3 ($M_{sum}=4.41$)			C1 ($M_{sum}=3.97$)			C2 ($M_{sum}=4.00$)		
	η_i	η_S	M_f	η_i	η_S	M_f	η_i	η_S	M_f	η_i	η_S	M_f	η_i	η_S	M_f
1 - 2	0.001	0.008	3.44	0.002	0.008	0.98	0.001	0.008	1.41	0.011	0.008	1.18	0.012	0.007	1.23
2 - 4	0.001	0.004	1.44	0.006	0.004	0.96	0.001	0.003	0.98	0.010	0.003	0.80	0.011	0.003	0.83
4 - 8	0.001	0.005	0.78	0.010	0.005	0.77	0.004	0.004	0.90	0.014	0.004	0.76	0.015	0.004	0.73
8 - 16	0.004	0.009	0.73	0.018	0.009	0.78	0.007	0.008	0.68	0.024	0.008	0.80	0.025	0.008	0.77
16 - 32	0.003	0.015	0.42	0.021	0.017	0.46	0.006	0.015	0.45	0.027	0.016	0.43	0.028	0.016	0.45

참고문헌

정태웅, 2001, 한반도 남동부 지각의 P파 및 S파의 감쇠구조의 비교연구, *한국지구과학회지*, **22**, 112-119.

정태웅, 2002, Reversed Two Station Method에 의한 중부지방 Q_{Lg}^{-1} 연구, *대한지구물리학회지*, **5**, 211-218.

정태웅, 2008, 한반도 Lg파 감쇠상수 도출을 위한 한일지진자료의 RTSM 적용에 대한 연구, *지구물리와 물리탐사*, **11**, 310-317.

정태웅, 2009a, 한반도 코다 Q의 비교분석, *지구물리와 물리탐사*, **12**, 263-267.

정태웅, 2009b, 감쇠상수 분리방법의 비교 분석, *지구물리와 물리탐사*, **12**, 281-288.

정태웅, 사토 하루오, 2000, 덕정리 지진자료를 이용한 한반도 남동부지역의 고주파 P 및 S파 감쇠구조 연구, *대한지구물리학회지*, **3**, 193-200.

정태웅, 사토 하루오, 이기화, 2001, 한반도 남동부 지역 9 관측점 자료의 확장Coda규격화법에 의한 한반도남동부지역의 Q_P^{-1} 및 Q_S^{-1} 연구, *한국지구과학회지*, **22**, 500-511.

정태웅 · 윤숙영, 2009 : 다중지연시간창법(MLTW)의 한반도 지진자료 적용성 분석, *물리탐사*, **12**(2), 199-207.

Chung, T. W., and H. Sato, 2001a: Attenuation of High-Frequency P and S Waves in the Crust of Southeastern South Korea, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **91**, 1867-1874.

Chung, T. W., and Sato, H., 2001b, A preliminary study on the attenuation of high-frequency P and S waves in the crust of the Yangsan fault area, southeastern South Korea, *Science Report of Tohoku University, Seriese 5*, **36**, 291-294.

Chung, T. W., and Lee, K., 2002, Attenuation of high-frequency Lg waves around the Yangsan Fault area, the southeast Korea, *Journal of Korean Geophysical Soc.* **5**, 1-8.

Chung, T. W., and K. Lee, 2003: A Study of High-Frequency Q_{Lg}^{-1} in the Crust of South

- Korea, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **93**, 1401-1406.
- Chung, T. W., Y. K. Park, I. B. Kang, and K. Lee, 2005: Crustal Q_{Lg}^{-1} in South Korea using the source pair /receiver pair method, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **95**, 512-520.
- Chung, T. W., M.-H. Noh, J.-K. Kim, Y.-K. Park, H.-J. Yoo, and J. M. Lees, 2007: A Study of the Regional Variation of Low-Frequency Q_{Lg}^{-1} around the Korean Peninsula, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **97**, 2190-2197.
- Chung, T. W., J. M. Lees, K. Yoshimoto, E. Fujita, and M. Ukawa, 2009: Intrinsic and scattering attenuation of the Mt Fuji Region, Japan, *Geophys. J. Int.* **177**, 1366-1382.
- Chung, T.W., K. Yoshimoto, and S. Yun, 2010: Separation of intrinsic and scattering attenuation of South Korea, *Bull. Seismol. Soc. Am.*, in press.
- Hoshiya, M., H. Sato, and M. Fehler, 1991: Numerical basis of the separation of scattering and intrinsic absorption from full seismogram envelope: a Monte-Carlo simulation of multiple isotropic scattering, *Pap. Meteorol. Geophys.*, **42**, 65-91.
- Kim, K. D., T. W. Chung, and J. B. Kyung, 2004: Attenuation of high-frequency P and S waves in the crust of Choongchung provinces, central south Korea, *Bull. Seism. Soc. Am.* **94**, 1070-1078.
- Lee, W. S., S. Yun, and J. -Y. Do, 2010: Scattering and intrinsic attenuation of short-Period S waves in the Gyeongsang Basin, South Korea, revealed from S -wave seismogram envelopes based on the radiative transfer theory, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **100**, 833-840.
- Yoo, H. J., R. B. Herrmann, K. H. Cho, and K. Lee, 2007: Imaging the Three-Dimensional Crust of the Korean Peninsula by Joint Inversion of Surface-Wave Dispersion and Teleseismic Receiver Functions, *Bull. Seismol. Soc. Am.* **97**, 1002-1011.
- Yoshimoto, K., 2000: Monte Carlo simulation of seismogram envelopes in scattering media, *J. Geophys. Res.* **105**, 6153-6161.