

Determination of surface-wave phase velocities across USArray from noise and Aki's spectral formulation

Goran Ekstrom, Geoffrey A. Abers, and Spahr C. Webb

배경 잡음의 연속 기록을 이용하여 station간의 surface-wave group, phase velocity 를 얻는 방법이 많이 사용되고 있다. Random signal에 대한 correlation property를 이용하는 방법은 Aki에 의해 처음 제시되었다. 이 방법들은 지진을 이용하여 imaging하는 경우 보다 더 짧은 주기의 값을 얻을 수 있다는 장점이 있다. 이 방법이 USArray에 적용되었었고, 주로 time-domain에서의 FTAN과 같은 방법으로 이루어 졌다. 이 논문에서는 Aki (1957)의 original formulation으로 돌아가, noise의 spectral correlation property로 부터, correlation spectrum의 real part의 zero-crossing을 측정하여 phase velocity를 추출하는 방법을 제시한다. time-domain에서 far-field theory 가정으로 인해 파장의 두 배 또는 세 배 이하의 station간 거리의 측정값을 사용하지 못하는 것과 달리, 이 방법은 한 파장 또는 그 이하의 거리에서도 적용가능하다는 장점이 있다.

Aki (1957)의 식은 paper를 참조하면 되고, cross spectrum의 전체 식 전개는 Cox (1973)에 제시되어 있다. (1) 식에서 보면 cross spectrum은 거리, 주파수, phase velocity를 term으로 가지는 Zero order의 first kind Bessel function으로 나타내어 지고, Bessel function의 zero들은 이미 알려져 있으므로, cross spectrum의 zero crossing를 알면 역으로 phase velocity를 unique 하게 구할 수 있다.

Data process는 time-frequency normalization, calculation cross spectra, stacking the spectra for the period, zero crossing identification in real part of the spectrum, interpretation of zero crossings in terms of phase velocity순으로 이루어 진다. Normalization방법으로 여기서는 1-mHz-wide overlapping filter의 comb를 이용하여 9시간 짜리 data에 적용, 그 envelope를 나누어 주었다. 최종 결과는 Bessel function이 단조 감소 하지 않고, 주요 에너지 대역에서 더 커졌다. 그러나 zero-crossing의 경우 큰 문제가 없다. Zero-crossing은 +에서 -로 다시 -에서 +로 가는데, 이를 이용하여 빠지거나 남는 zero-crossing 수 만큼 다른 zero of Bessel function값을 적용하여 원하는 phase velocity window에서 의도적으로 벗어나게 하여 측정의 신뢰도를 높인다.

이 방법을 USArray에 적용하여 12, 24초에 대하여 각각 imaging 하였다. 그 결과 이전 다른 방법을 적용한 경우와 거의 같은 결과를 얻었다. 또한 1.2-2.35 파장, 2.35-3.5 파장 거리의 자료만으로 tomography를 해 본 결과 두 결과가 동일했다. 따라서 파장 두배 거리 이하의 거리에서도 아주 잘 됨을 볼 수 있었다.