

# 진폭 스펙트럼비를 이용한 인공지진 식별

박윤경<sup>1)</sup> · 전정수 · 전명순 · 제일영

## 1. 서론

최근 한반도내에서는 지진관측망의 확충에 의해 관측능력이 확충됨에 따라 자연지진과 인공지진을 식별의 중요성이 대두되고 있다. 자연지진과 인공지진을 식별하는 방법으로 지진 규모(mb/Ms ratio) 및 지진파 초동에 의한 식별방법(Evernden, 1969; Douglas et al., 1974; Blandford, 1977)과 지진기록의 주파수의 특성을 이용하는 시간(Time)-주파수(Frequency)-진폭(Amplitude)의 3차원 스펙트럼 분석(Kim et al., 1997), P파와 S파, Lg파의 진폭 스펙트럼비를 이용하는 방법 등이 있다(Wuster, 1993; Kim et al., 1994; Walter et al., 1995. Steven, 1996). 또한 인공지진의 경우 지진파와 함께 음파가 발생하는데, 지진파와 음파를 탐지하여 자연지진과 인공지진을 식별하는 방법이 있다. 본 연구에서는 지진파와 음파가 관측된 지진자료를 0.5~3, 2~4, 3~5, 4~6, 5~7, 6~8, 8~10 Hz의 주파수 영역에 대하여 Pg/Lg 평균 진폭 스펙트럼비를 계산하여 자연지진과 인공지진을 식별하고자 한다.

## 2. 자료 및 계산

2001. 1. 1 ~ 2001. 12. 31사이에 발생한 지진을 분석하였으며, 그림 1에는 사용된 지진의 진앙과 관측소의 위치가 나타나 있다. 자연지진은 총 16개이며, 기상청발표 지진자료의 진앙을 재결정하여 이용하였으며, 주로 서해지역과 중부내륙에 분포한다. 인공지진은 한국지질자원연구원 지진자료를 이용하였으며, 지진파와 함께 약 0.01 - 5Hz에 해당하는 저주파수의 음파인 인프라스운드(Infrasound wave)가 관측된 총 28개의 지진자료(제일영 외., 2002)를 분석하였다. 분포지역은 인프라스운드 관측망이 구축되어 있는 CHNAR(철원) 철원일대와 북한지역이다. 지진기록은 한국지질자원연구원의 CHNAR(철원)관측망, KSRS(원주) 관측망의 광대역지진계의 수직성분을 이용하였다. 규모( $M_L$ )는 인공지진의 경우 0.6 ~ 3.0이고, 자연지진은 1.7 ~ 4.0이며, 진앙거리는 약 100 ~ 300 km사이이다.

진폭 스펙트럼비를 계산하기 위하여 Pg와 Lg의 도달시간을 측정하고, Pg와 Lg의 도달시간에 대한  $\pm\sigma$ 을 시간차로 계산하였다. 여기에서  $\sigma$ 는  $\sigma = \sigma_{ref} \times \Delta/\Delta_{ref}$  이고,  $\sigma_{ref}$ 는 2.5sec이고,  $\Delta_{ref}$ 는 100km이다(Kim et al., 1997). Hanning window에 의한 5% tapering을 실시하였다. FFT를 실시하여 0.5~3, 2~4, 3~5, 4~6, 5~7, 6~8, 8~10 Hz의 주파수 영역에 대하여 Pg/Lg 평균 진폭 스펙트럼비를 계산하였다.

## 3. 결과 및 토의

그림 2에는 자연지진과 인공지진의 주파수 대역에 대한 Pg/Lg 평균 진폭 스펙트럼비에 상용대수를 취한 값과 각각의 평균값을 나타내고 있다. 계산결과 인공지진은 -1.2 ~ -0.4 사이이며, 자연지진은 -1.8 ~ -0.6 사이의 값을 갖는다. 또한 저주파수보다는 고주파수로 갈수록 인공지진과 자연지진이 잘 식별되는 경향이 있으며, 특히 2 ~ 4Hz, 8 ~ 10Hz 대역에서 가장 뚜렷하게 식별되었다. 좀 더 많은 지진자료를 분석하고 거리보정 및 규모보정을 실시한다면 더 나은 결과를 얻을 수 있을 것이다.

1) 한국지질자원연구원(yun@white.eq.kigam.re.kr)

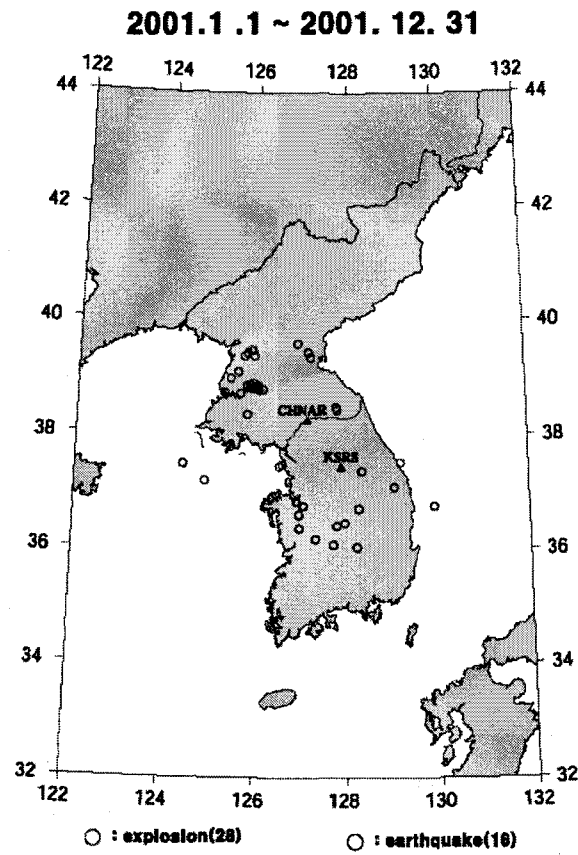


그림 1. 자연지진과인공지진의 진앙 분포와 관측소의 위치

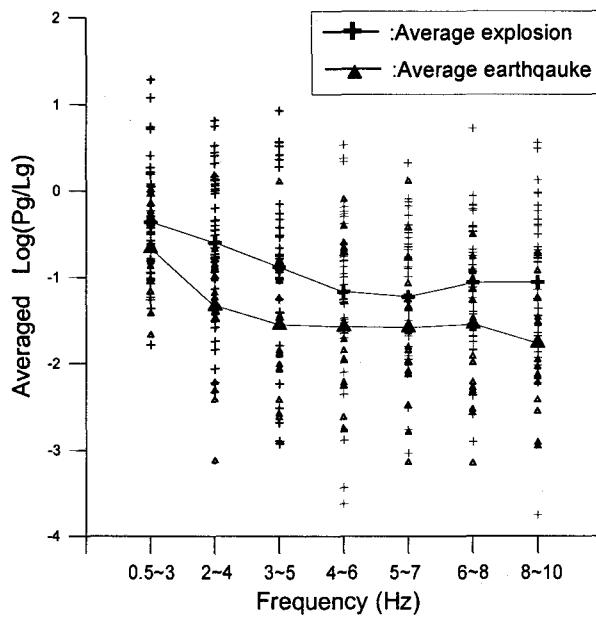


그림 2. 7개의 주파수 영역에 대하여 Pg/Lg 평균 진폭스펙트럼비

## 참고문헌

1. 제일영, 전명순, 전정수, 2001, "지진-공중음과 자료를 이용한 2001년도 인공발파 식별", 한국지진공학회 2002년도 춘계학술대회논문집, pp.59-63.
2. Blanford, R.R., 1977, "Discrimination between Earthquakes and Underground Explosions", *Ann Rev Earth Planet Science*, 5, pp.111-222.
3. Douglas, A., Hudson, J.A., Marshall, P.D., and Young, J.B., 1974, "Earthquakes that look like Explosions", *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society*, 36, pp.227-233.
4. Evernden, J.F., 1969, "Identification of earthquakes and explosions by use of teleseismic data", *Journal of Geophysical Research*, 75, pp.3828-3856.
5. Kim, W.Y., Simpson, D.W., and Richards, P.G., 1994, "High-frequency spectra of regional phases from earthquakes and chemical explosions", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 84, pp.1365-1386.
6. Kim, W.Y., V. Aharonian, A.L.Lerner-Lam, and Richards, P.G., 1997, "Discrimination of Earthquakes and Explosions in Southern Russia Using Regional High-Frequency Three-Component Data from the IRIS/JSP", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 87, pp. 569-588.
7. Walter, R.W., Mayeda, K.M., and Patton, H.G., 1995, "Phase and spectral ratio discrimination between NTS earthquakes and explosions. Part I: Empirical observations", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 85, pp.1050-1067.
8. Wuster, J., 1993, "Discrimination of chemical explosions and earthquakes in Central Europe-A case study", *Bulletin of the Seismological Society of America*, 83, pp.1184-1212.