

지진관측소 배경잡음 수준의 일변화가 지진 관측 능력에 미치는 영향

신동훈¹⁾, 신진수¹⁾

Effect of diurnal variation of background seismic noise level on earthquake detectability

Dong-Hoon Sheen, Jin Soo Shin

요약 : 지진 관측소의 지진 관측 능력은 관측소의 잡음 수준에 좌우되어 잡음 수준이 높은 관측소는 작은 규모의 지진 또는 원거리의 지진에 의한 약한 지반 진동을 감지하기 어렵다. 그러므로 지진관측망의 지진 관측 능력을 고려하기 위해서는 지진관측소의 분포뿐만 아니라 각 관측소의 잡음 수준을 고려해야 한다. 대부분의 국내 지진관측소는 1 Hz 이상의 주파수 대역에서 인간의 활동에 의한 영향을 받고 있으며, 이로 인해 주간과 야간의 잡음 수준 차이가 나타난다. 이러한 잡음 변화에 따른 지진 관측 능력의 차이와 분포를 살펴보기 위해 2005년부터 2007년까지 한국지질자원연구원과 기상청에서 운영하는 광대역 관측소 30개소의 잡음 분석 결과를 이용하였다. 각 관측소의 잡음 수준을 고려하였을 때 야간에는 규모 2.4 정도 이상의 지진이 내륙에서 발생한 것을 관측할 수 있는 반면, 주간에는 규모 2.6 정도의 지진 관측 능력을 보였다.

주요어: 배경잡음 수준, 지진, 지진 관측 능력

Abstract : Seismic station of high noise level has difficulties detecting relatively weak ground motions due to small earthquakes or teleseismic events because earthquake detectability of seismic station depends on seismic noise level. To figure out the capability of earthquake detection of a seismic network, therefore, seismic noise level of each station also needs to be considered, including the distribution of seismic stations.

1) 한국지질자원연구원 지진연구센터, dhsheen@kigam.re.kr
Earthquake Research Center, KIGAM

Recently, it has been known that most of broadband seismic stations in South Korea have affected by cultural noise in the frequencies higher than 1 Hz and show diurnal variations of noise level. In order to analyze the effect of diurnal variation of seismic noise level on earthquake detectability, we used the result of background seismic noise level analysis of seismograms of 30 broadband stations of KIGAM and KMA from 2005 to 2007. This study shows that earthquakes greater than magnitude 2.4 occurring within the Korean Peninsula can be detected at night while those greater than magnitude 2.6 can be detected in the daytime.

Keywords : seismic noise level, earthquake, earthquake detectability

1. 서론

지진 관측소마다 잡음의 원인이 되는 주변 환경이 서로 다르기 때문에 관측소에 기록되는 배경잡음의 정도가 다르다. 따라서 각 관측소마다 관측할 수 있는 지반 진동은 관측소의 잡음 수준에 의해 결정되므로 지진관측망의 지진 관측 능력을 분석하기 위해서는 지진 관측소의 분포뿐만 아니라 각 관측소의 잡음 수준 또한 고려해야 한다.

외국의 경우에는 각 지진관측소의 잡음 수준 및 변화에 대한 분석을 통해 지진 관측망의 지진 관측 능력을 파악하고 있다(Ringdal & Bungum, 1977; Marzorati and Bindi, 2006). 하지만 국내에서는 관측소 잡음 수준과 잡음 수준 변화에 관한 연구가 최근에서야 본격적으로 시작하고 있는 단계이다(김성균 등, 2004; 조범준 등, 2009; Sheen et al., 2009). 국내에 설치된 광대역 지진관측소는 단주기 관측소나 가속도 관측소 보다 잡음 수준이 대체로 낮기 때문에 작은 규모의 지진 또는 원거리 지진의 관측에 유리한 조건을 가지고 있다. 하지만 대부분의 국내 광대역 지진 관측소도 인간의 활동에 의한 영향을 받고 있으며 이로 인해 1 Hz 이상의 주파수 대역에서 잡음 수준의 일변화가 관찰되었다(Sheen et al., 2009).

따라서 이 연구에서는 2005년부터 2007년까지 한국지질자원연구원과 기상청의 30개의 광대역 지진관측소에서 기록한 자료로부터 얻은 배경잡음 분석 결과(Sheen et al., 2009)를 이용하여 국내 지진관측망의 주간과 야간의 잡음 수준 변화에 따른 지진 관측 능력을 살펴보았다.

2. 지진 관측소 배경잡음의 일변화 및 잡음 수준

Sheen et al. (2009)은 2005년부터 2007년까지 한국지질자원연구원과 기상청의 30개의 광대역 지진관측소에서 기록한 연속 자료를 McNamara and Buland (2004)에 제시된 방법을 사용하여 분석하였다. 0.1–0.5 Hz 구간의 주파수 대역은 파도에 의한 맥동(microseism)이 주된 잡음의 원인이며 계절변화가 관찰된 반면 이 구간의 주파수 대역에서는 일변화가 관찰되지는 않았다. 1 Hz 이상의 주파수 대역에서 잡음 수준의 일변화가 두드러졌으며 그 원인은 인간의 활동에 의해 기인 것으로 분석하였다. 시추공 관측소의 경우에도 일변화가 관찰되어 약 60–100 m의 지하에까지 인간의 활동에 의한 잡음이 전파되는 것을 알 수 있었다.

Fig. 1에 광대역 지진관측소 30개소의 위치와 잡음 수준이 제시되었다. 한국지질자원연구원의 관측소는 파란색으로 기상청의 관측소는 붉은색으로 표시하였으며, 시추공 관측소는 원으로 표현하였다. Fig. 1(b)에 각 관측소의 위치에 야간 잡음 수준이 색으로 구분되어 있다. 원의 크기는 주간과 야간의 잡음 수준 차이를 지시한다. 대체로 강원도 지역에 위치한 관측소의 잡음 수준이 낮게 나타나고 있으며, 서울, 부산, 대전과 같은 대도시 지역과 섬에 위치한 관측소의 잡음 수준이 크게 관찰되었다. 잡음 수준 변화는 일관된 양상을 보이지 않으며 대부분의 관측소에서 관찰된다.

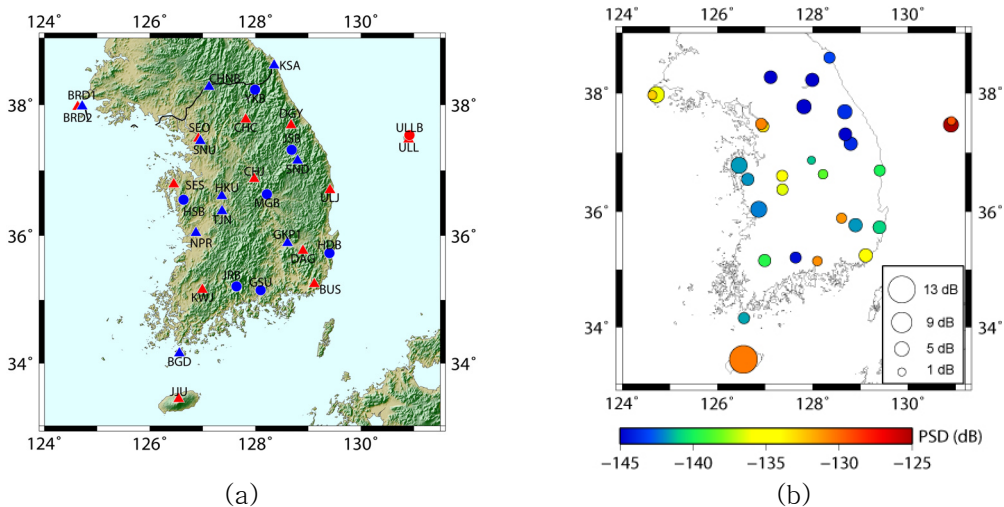


Fig. 1. Distribution of seismic stations and seismic noise level. (a) Seismic stations used in this study. (b) Night time noise levels of vertical component and noise level differences between daytime and nighttime in the frequency range 1–5 Hz (from Sheen et al., 2009)

3. 배경잡음 수준을 고려한 지진 관측 능력

지진관측망의 지진 관측 능력을 정의하기 위해서는 각 관측소의 잡음 수준을 평가하고 잡음 수준에 따라 관측할 수 있는 지반 진동의 세기를 결정해야 한다. 이를 위해 2005년부터 2007년까지 한국지질자원연구원과 기상청에서 운영하는 광대역 지진관측소 30개소의 배경잡음 분석 결과로부터 얻은 1-8 Hz 구간의 평균적인 잡음 수준의 파워스펙트럼밀도(power spectral density)를 지진 관측 여부를 결정하는 기준으로 정하였다. 그리고 지진 규모에 따른 지반 진동을 측정하기 위해 신동훈과 신진수(2009)는 한국지질자원연구원의 지진 목록 중 2009년 1월부터 8월까지 발생한 규모 2.0 이상 69개 지진의 1077개 자료로부터 최대 진폭과 파워스펙트럼밀도와의 관계를 정량화하였다.

국내 30개소의 광대역 관측소로 구성된 지진관측망의 지진 관측 능력을 정의하기 위해 0.05도 단위의 격자마다 깊이 8.0 km에서 규모 1.0-7.0까지의 지진 발생을 가정하였다. 각 관측소에서 발생한 지진의 규모에 따른 최대 진폭을 계산하기 위해 한국지질자원연구원에서 사용하는 규모식을 사용하였다. 국지지진 규모식으로부터 거리에 따른 진폭을 얻고 2009년도 지진들로부터 얻은 관계식을 이용하여 이 진폭과 비례하는 파워스펙트럼밀도를 계산한다. 즉 지진 규모와 진원 거리에 따른 파워스펙트럼밀도를 계산하여, 관측소의 잡음 수준을 지시하는 파워스펙트럼 밀도와 비교한다. 지진에 의한 파워스펙트럼밀도가 잡음 수준에 비해 6 배 이상인 경우 특정 관측소에서 지진을 관측한 것으로, 6개소 이상의 관측소가 관측하는 지진을 관측 가능한 최소 지진 규모로 정의하였다.

이러한 방법을 사용하여, 주간과 야간의 잡음 수준에 따른 지진관측망의 지진 관측 능력을 각각 계산하였다(Fig. 2). Fig. 1b에서 강원도의 잡음 수준이 대체로 낮게 관찰되었고 그에 따라 강원도 지역에서 작은 규모의 지진을 잘 관측할 수 있음을 알 수 있다. 내륙 발생 지진을 기준으로 볼 때, 야간에는 규모 2.4의 지진을 관측할 수 있었으나 주간에는 규모 2.6의 지진을 관측할 수 있는 것으로 계산되었다.

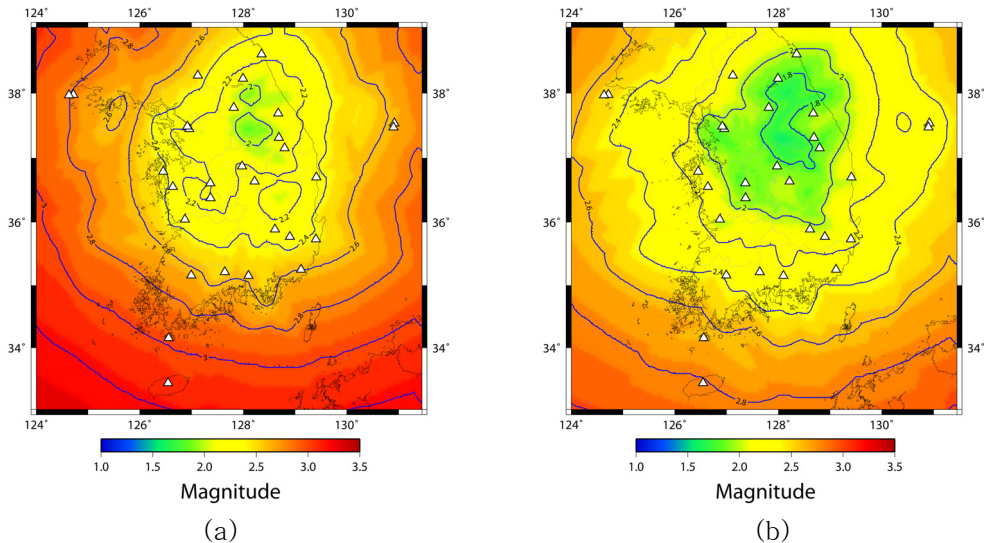


Fig. 2. Earthquake detectability map from 30 broadband seismic stations. (a) daytime and (b) nighttime.

4. 결론

국내 30개소 광대역 관측소의 배경잡음 수준을 고려했을 때 지진 관측 능력을 분석하였다. 이를 위해 2005년-2007년까지 한국지질자원연구원과 기상청의 30개소 광대역 관측소 배경잡음 수준을 주간과 야간으로 구분하여 각 관측소의 평균적인 잡음 수준을 구하였다. 그리고 지진의 규모에 따른 지반 진동이 잡음 수준의 6 배를 초과하는 경우를 각 관측소에서 지진을 관측한 것으로 가정하였으며, 6 개 이상의 관측소에서 지진을 관측한 경우를 지진 관측망이 지진을 감지한 것으로 정하였다. 그 결과 내륙에서 발생한 지진의 경우 주간에는 규모 2.6, 야간에는 규모 2.4의 지진이 관측망에서 관측될 수 있음을 확인하였다.

참고문헌

김성균, 남성태, 류용규, 2004, 국내 지진관측소의 배경잡음 특성, 지질학회지, 40권 515-536.

신동훈, 신진수, 2009, 배경잡음 수준을 고려한 국내 광대역 지진관측망의 지진 관측 능력, 준비중.

- 조범준, 신동훈, 조봉곤, 박순천, 황의홍, 2009, 기상청 광대역 관측소 표준 배경잡음 모델 개발, 지질학회지, 45, 127-141.
- Marzorati, S., and Bindi, D., 2006, Ambient noise levels in north central Italy, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 7, Q09010, doi:10.1029/2006GC001256.
- McNamara, D. E. and Buland, R. P., 2004, Ambient noise levels in the continental United States, *Bull. Seism. Soc. Am.*, 94, 4, 1517-1527.
- Sheen, D.-H., Shin, J. S., and Kang, T.-S., 2009 Seismic noise level variation in South Korea, *Geosciences Journal*, 13, 183-190.
- Ringdal, F. and Bungum, H., 1977, Noise level variation at NORSAR and its effect on detectability. *Bull. Seism. Soc. Am.*, 67, 479-492.