

기상청 광대역 지진관측소 배경잡음 특성

The background noise characteristics of the broadband seismic stations in KMA

남성태* 류용규** 윤용훈***
Nam, Seong Tae Ryoo, Yong Gyu Youn, Yong Hoon

ABSTRACT

The purpose of the present study is to analyse characteristics of the background noise for the broadband seismic stations in KMA. It is well known that the background noise arises continuously from long period microseism, sea waves, minute changes of atmospheric pressure, seasonal temperature change of the ground surface, culture activities, and etc. The background noise shows spatial and temporal changes and it has various characteristics such as its spectral amplitudes in frequency domain are not constant. Such the background noise gives considerable influences on the quality of seismic record. To investigate annual variations, the background noise was separated into high frequency components of above 1Hz. More larger average amplitude is found in winter than other seasons. The average amplitude for 12 seismic stations are compared. It is known that the background noise is considerably larger in stations located in island region such as Jeju, Ulleungdo, and Bagryeongdo seismic stations. However the noise is relatively small in inland stations such as Chuncheon, Chungju and Ulsan seismic stations.

1. 서 론

현재 기상청에서 운영중인 지진 관측소는 초광대역 관측소 1개소, 광대역 관측소 12개소, 단주기 관측소 23개소를 비롯한 가속도 관측소 75개소(가속도계 40개소, 지진관측소 35개소 포함)가 운영 중에 있다. 그러나 우리나라에서 발생하는 지진의 빈도와 규모에 비해서 현재의 지진관측망은 조밀하지 못하며, 앞으로 지진관측소의 확충은 계속 이루어 져야만 한다. 이러한 지진관측망의 구축과정에 있어서 중요하게 다루어야 할 요소 중의 하나가 바로 지진기록에 지속적으로 포함되는 배경잡음이다(그림 2.1).

일반적으로 신호/잡음비(Signal/Noise Ratio)가 크면 클수록 지진파형을 정확하게 검출할 수 있다. 만일 신호/잡음비가 낮다면 작은 규모의 지진이 발생하게 되면 지진파형이 검출되지 않아 정확한 지진요소를 결정하기 어렵다. 이러한 배경잡음의 원인으로써 지반은 미세하게 연속적으로 탄성체적인

* 기상연구소, 연구원

** 정회원, 기상연구소, 기상연구사

*** 기상연구소, 기상연구관

진동을 지속하고 있으며, 그 주파수가 0.01~수십Hz의 넓은 범위에 걸쳐 있다. 주파수가 0.1Hz이하의 저주파 배경잡음은 맥동(microseism)으로, 대략 0.5~1Hz 이상부터 수십 Hz 범위까지의 고주파는 상시미동(microtremor)으로 불린다(Cherry, 1974). 통상 0.1~0.5Hz 범위의 맥동은 해면의 파랑이 원인이며, 해안에서 멀어질수록 약화된다.

그리고 0.1Hz 보다 작은 저주파는 대기압 변화가 주된 원인인 것으로 알려져 있다(Agnew and Berge, 1978). 한편 1Hz 이상의 고주파 배경잡음은 자동차, 열차, 공장 등의 인공적인 진동원, 바람, 해파와 같은 자연적인 진동원 등 불특정 다수의 원인에 의하여 발생되며(Kanai and Tanaka, 1961) 근거리 지진의 관측을 방해하는 주원인이다. 이러한 배경잡음은 지속적으로 발생되며 시간적, 공간적으로 변하고 모든 주파수에서 일정하지 않아 지진기록 시스템의 설계에 많은 영향을 미친다(한국자원연구소, 2000). 이와 같은 노이즈를 줄이기 위해서는 지하 깊은 곳에 지진계를 설치해야 하며, 100미터에 약 10%의 노이즈가 감소한다고 보고되어 있다.(Aki and Richards, 1980).

2. 배경잡음 자료 처리 방법

기상청에서 저장중인 연속자료를 이용하여 12개 광대역 지진관측소에 대해서 배경잡음을 분석하였다. Table. 2.1에 분석대상 관측소의 코드명, 경도, 위도, 센서 및 basement를 제시하였다. 배경잡음 분석에 사용된 자료는 2005년 1월부터 2005년 12월까지의 자료이며 100sample/sec이다. 먼저 배경잡음의 연변화 특징을 추출하기 위해서 매월 10일, 20일, 30일에 대해서 배경잡음의 진폭이 비교적 큰 오전 11~12시, 배경잡음이 작은 23~24시간대에서 각각 3분 동안의 자료를 1~2개씩 선택하였다. 따라서 월별 자료의 수는 6~12개씩이다. 자료선정은 먼저 Analyst 2.5 프로그램을 이용하여 육안으로 확인하여 특징적인 인위적 잡음의 유입이나 지진기록 부분을 피하여 자료를 결정하였다. 이렇게 선정된 배경잡음 자료에서 원하는 부분의 자료를 선택해서 시간창의 시작 부분과 끝 부분에 총 길이의 10%에 해당하는 cosine 감쇠항을 곱했다. 또한 자료의 변환과정에서 생기는 오차를 줄이기 위해서 DC성분과 선형성분을 제거하였다. 이와 같은 과정을 거친 배경잡음 자료로 관측소별 연변화를 분석하였다. 서론에서 기술한 바와 같이, 배경잡음자료는 주로 근거리 지진의 방해요소로 나타나는 인공적인 진동원에 기인하는 1Hz 이상의 고주파 성분과 대기압 변화 등에 기인한 1Hz 이하의 저주파로 나눌 수 있다. 따라서 본 연구에서는 필터링을 사용하여 Raw Data에서 1Hz~25Hz 까지 고주파를 분리하여 분석하였다.

각 관측소에서 배경잡음의 크기는 주어진 시간 내에서의 평균진폭으로 나타내었으며, 평균진폭은 포락곡선(envelope curve)으로부터 계산하였다. 여기서 포락곡선은 한국자원연구소(2000)와 같이 Hilbert transform 방법을 적용하여 구했으며, 그 과정은 다음의 식 (1)과 같다. 즉 원함수 $f(t)$ 를 90도 위상 변환시킨 함수를 $h(t)$ 라 할 때, 포락곡선 $E(t)$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$E(t) = \sqrt{f(t)^2 + h(t)^2} \quad (1)$$

여기서 $h(t)$ 는 다음과 같이 정의되는 $H(\omega)$ 의 Fourier 역변환으로부터 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} H(\omega) &= iF(\omega) & \text{for } \omega > 0 \\ &= -iF(\omega) & \text{for } \omega < 0 \end{aligned} \quad (2)$$

이와 같은 방법으로 각각의 시간창에서 평균값을 얻을 수 있다. 실제로는 연변화의 경우 매시간

1~2개의 시간창을 설정하였으므로, 각각의 시간창의 평균을 다시 평균하여 그 시간의 대표값으로 정했다. 그러므로 월별 배경잡음의 평균은 6~12개의 시간창에 대한 평균값이다. 이렇게 구해진 12개 관측소에 대해서 하나의 관측소 평균값을 구하여 상대평가를 실시하였다. 상대평가의 방법은 최대 배경잡음 수준을 1로 놓고 나머지 배경잡음 수준이 최대 배경잡음 수준인 1에 얼마만큼 해당하는지 나타내었다(그림 2.6).

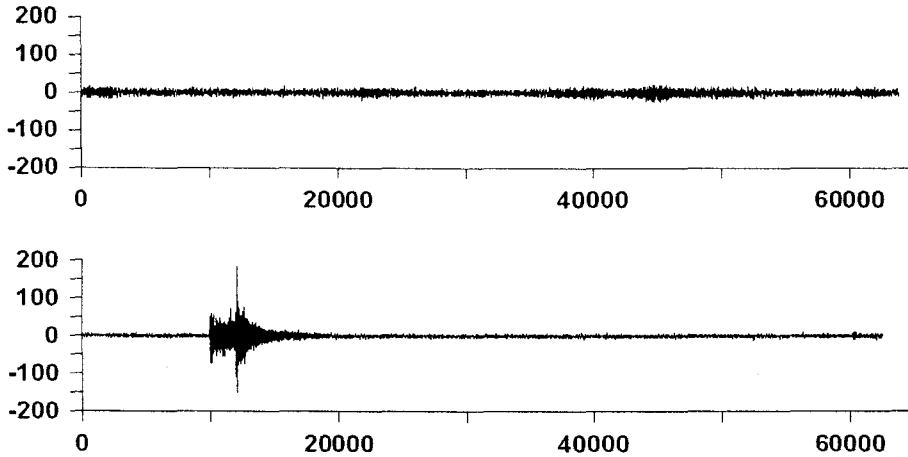


Fig. 2.1 The background noise station from the earthquake of magnitude 2.4.

Table. 2.1 Informations of broad-band seismic stations used in this study.

No.	Station Name	Station Code	Latitude	Longitude	Sensor	Basement
1	백령도	BRD	37.9677	124.6303	STS-2	기상대 지하실
2	부 산	BUS	35.2487	129.1125	STS-2	석영반암
3	춘 천	CHC	37.7775	127.8145	STS-2	화강암
4	충 주	CHJ	36.8730	127.9748	STS-2	섬록암
5	대 구	DAG	35.7685	128.8970	STS-2	섬록암
6	대관령	DGY	37.6904	128.6742	STS-2	화강암
7	제 주	JJU	33.4306	126.5463	STS-2	현무암
8	광 주	KWJ	35.1599	126.991	STS-2	안산암
9	서 울	SEO	37.4879	126.9188	STS-2	암산층
10	서 산	SES	36.7893	126.4531	STS-2	화강암
11	울 진	ULJ	36.7021	129.4084	STS-2	응회암
12	울릉도	ULL	37.4736	130.9008	STS-2	응회암

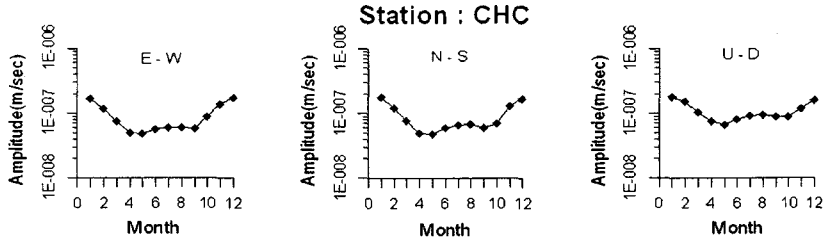


Fig. 2.2 Annual change of average amplitude of background noise above 1Hz for CHC station.

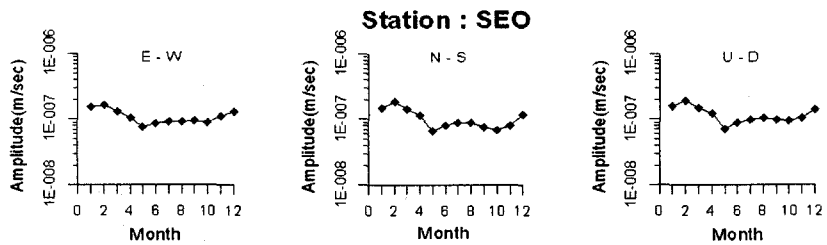


Fig. 2.3 Annual change of average amplitude of background noise above 1Hz for SEO station.

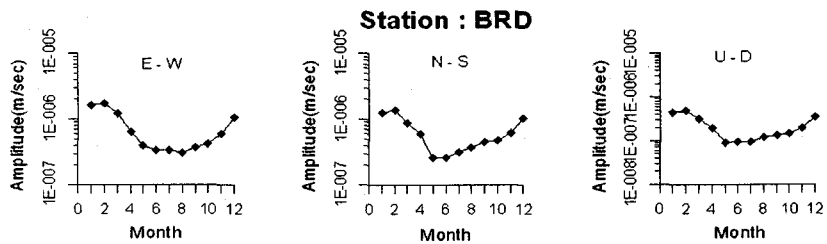


Fig. 2.4 Annual change of average amplitude of background noise above 1Hz for BRD station.

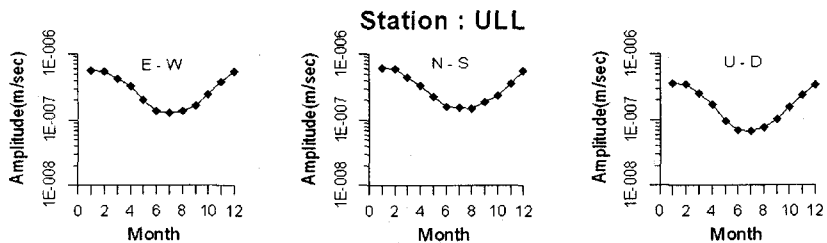


Fig. 2.5 Annual change of average amplitude of background noise above 1Hz for ULL station.

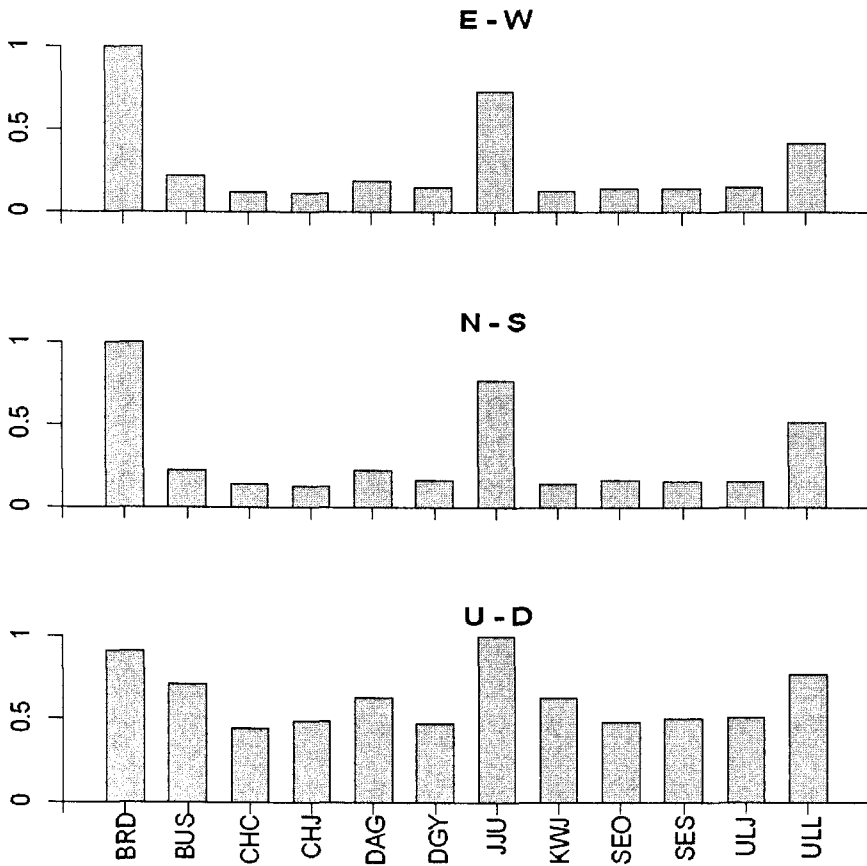


Fig. 2.6 The average amplitude of background noise above 1Hz for 12 broadband seismic stations.

3. 결론 및 토의

본 연구에서는 2005년 1월부터 2005년 12월까지의 자료를 이용하여 기상청에서 운영중인 광대역 관측소 12개소의 배경잡음 수준을 연구하였다. 관측소들의 배경잡음 진폭을 상대적으로 비교하기 위하여, 12개 관측소들의 1Hz ~ 25Hz 의 고주파를 분리하여 평균진폭을 계산하였다. 광대역 관측소들의 연변화를 분석하여 보면 전반적으로 여름에 해당하는 5~8월의 값들이 겨울에 해당하는 1~2월과 11~12월에 비해서 상대적으로 낮게 나타남을 알 수가 있고 이러한 현상은 해양 쪽에 위치한 관측소와, 내륙에 위치한 관측소들 모두에서 관찰이 되어진다. 이 현상은 겨울과 여름에 각각 부는 계절풍의 차이로 생각이 되어지는데 일반적으로 대륙과 대양의 온도차에 의하여 발생되어지는 계절풍은 대륙과 대양의 온도차가 겨울에 현저하고 여름에는 비교적 적으므로, 겨울의 계절풍은 여름의 계절풍에 비하여 훨씬 강하다. 그러므로 1~2월 그리고 11~12월이 5~8월에 비하여 높은 것은 겨울철에 강하게 부는 계절풍에 기인하는 것으로 추정된다. 다만 광주(KWJ)와, 대관령(DGY)관측소는 다른 관측소들에 비해서 월별간의 배경잡음 수준의 변화 정도가 적은 편이다. 광대역 관측소들의 배경잡음 수준을 평가하기 위해서 연변화 배경잡음을 하나의 평균값으로

취하여 12개 관측소에 대해서 상대평가를 하였다. Fig. 2.6을 보게 되면 백령도(BRD), 제주(JJU), 울릉도(ULL)관측소와 같이 섬 지역에 위치한 관측소의 배경잡음이 해안과 떨어져 있는 내륙의 춘천(CHC), 충주(CHJ) 등의 관측소의 배경잡음보다 상대적으로 크게 나타난다. 이것은 관측소가 섬에 위치한 지역적인 부지특성을 반영하는 것으로 생각이 되어 지며, 이렇게 다른 관측소에 비해서 상대적으로 높은 배경잡음 수준을 가지는 관측소는 규모 계산이나 연구 등을 하는데 있어서 적절한 보정이 필요할 것으로 생각이 되어진다. 특별히 배경잡음이 높은 관측소는 백령도 관측소(BRD)와 제주관측소(JJU)인데 제주관측소(JJU)는 화산암지역으로 해안가에 위치하고 있어 자연적인 잡음이 많이 유입되는 것으로 분석되었다. 인공 및 자연 배경잡음이 많이 유입되는 관측소는 지진관측 능력이 저하되어 지진분석에 오류가 발생된다. 주변 환경으로 인한 높은 배경잡음은 관측소 설치 전에 사전 조사하여 이를 배제해야 하며, 배경잡음이 많은 곳은 지진분석에 악영향을 주므로 이전 설치되어야 할 것으로 사료된다. 또한 E-W 성분과 N-S 성분에 비해서 U-D 성분은 관측소별간의 차이가 상대적으로 적게 나타나는 것도 특징적으로 볼 수 있다.

이상에서 광대역 관측소에 대한 배경잡음의 연변화 분석을 통하여 관측소의 배경잡음 수준을 평가하여 보았다. 이 연구로 제시된 결과들이 각 관측소의 배경잡음 특성을 대표하기에는 사용된 자료의 양이 불충분하다고 할 수 있지만, 관측소들의 상대적인 평가를 통하여 보다 좋은 관측소들의 지진자료 선별은 가능하다고 보며, 앞으로 좀더 장기간에 걸친 많은 양의 자료를 이용하여 국내 지진관측소의 배경잡음이 분석, 정리되어야 할 것이다

참 고 문 헌

- Agnew, D.C. and Berger, J., 1978, Vertical seismic noise at very low frequencies, *Journal Geophysical Research*, 83, 5420-5424.
- Berger, J., Eissler, F. L., Vernon, I. L., Nersesov, M. B., Gokhberg, O. A., Stolyrov, and Tarasov, N, T., 1988, Studies of high-frequency seismic noise in eastern Kazakhstan, *Bulletin of the Seismological Society of America*. 78, 1744-1758.
- Bungum, H., Mykkeltveit, S., and Kvaerna, T., 1985, Seismic noise in Fennoscandia with emphasis on high frequencies, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 75, 1489-1513.
- Holly, K. G., and Jean-Francois, F., 1993, Site characteristics and ambient ground noise ATIRIS/IDA stations AAK(ALA-ARCHA, KYRGZSTAN) and TLY(TALAYA, RUSSIA), *Bulletin of the Seismological Society of America*, 83, 945-953.
- Peterson, J., 1993, Observations and modeling of seismic background noise, U.S. Geological Survey Open-File Report, 93-322.

Wilson, D., Leon, J., Aster, J., Ni, J., Schlue, J., Grand, S., Semken, S., Baldrige, S., and Gao, W., 2002, Broadband seismic background noise at temporary seismic stations observed on a regional scale in the southwestern United States, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 92, 3335-3341.