

한반도 남서부의 상시미동 HVSR 연구

김형준¹⁾, 정희옥²⁾, 조봉곤¹⁾, 박남률²⁾

¹⁾전북대학교 자연과학대학 지구환경과학과, jun7100@jbnu.ac.kr

²⁾군산대학교 해양과학대학 해양건설공학과

A study on the microtremor HVSR in the SW part of the Korean Peninsula

Hyoung Jun Kim¹⁾, Heeok Jung²⁾, Bong Gon Jo¹⁾, and Nam Ryul Park²⁾

¹⁾Dept of Earth and Environmental Sciences, Chonbuk National Univ.

²⁾Dept of Ocean Construction, College of Ocean Sciences, Kunsan National Univ.

1. 서론

지진재해는 인류가 겪는 자연재해 중 그 규모가 가장 큰 재해 중 하나이다. 지진에 의한 피해규모는 지진의 규모, 진원으로부터 피해지역의 기반암까지 지진파 이동경로, 그리고 피해지역 토양층의 특징에 의해 결정된다. 지진파의 이동경로 중 마지막 부분인 토양층은 지반운동에 매우 큰 영향을 미친다. 토양층은 어느 주파수 영역에서는 지진파를 증폭시킨다. 이를 부지효과 (site effect)라 하며, 이 부지효과에 의해 특정 지역에서는 지진피해가 배가 되기도 한다. 부지효과에 의해 진폭의 증가가 가장 큰 주파수를 그 지역의 고유주파수 (characteristic frequency)라 한다. 지반의 고유주파수가 구조물의 공명주파수와 일치할 때, 그리고 고유주파수의 진폭이 클수록 지진에 의한 피해는 훨씬 더 커질 수 있다. 일정 규모 이상의 지진이 자주 발생하는 지역에서는 기반암과 토양층에서의 관측결과를 이용하여 부지효과를 구할 수 있으나, 우리나라처럼 큰 지진이 자주 발생하지 않는 곳에서는 상시미동 (microtremor)을 이용하여 부지효과를 구할 수 있다. 따라서 이번 연구에서는 상시미동을 이용하여 한반도 남서부의 부지효과 특성에 대해 알아보고자 한다.

2. 연구방법 및 지역

상시미동을 이용하여 부지효과를 평가하는 방법으로는 Nakamura (1989)의 HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) 방법 (e.g., Gitterman et al., 1996; Bard et al., 1997; SESAME, 2004; Cara et al., 2008)이 많이 이용되고 있으며, 이번 연구에서도 HVSR 방법을 이용하였다.

연구지역 (Fig. 1)은 한반도 남서부에 위치하는 전주 (내륙지역)와 군산 (연안지역)이다. 총 자료는 253 개로 전주 지역에서는 117 지점, 군산 지역에서는 136 지점에서 각각 15분씩 상시미동을 측정하였다.

3. 분석결과 및 해석

연안지역과 내륙지역의 상시미동 스펙트럼 분석결과 연안지역은 스펙트럼 피크가 2~5

Hz에, 내륙지역은 ~12 Hz에 나타난다. 내륙지역에 비해 연안지역에서 저주파 대역에서 에너지가 크게 나타나는 것은 바다의 파랑과 조류, 그리고 금강의 영향으로 사료된다.

연안과 내륙 모두, 상시미동 에너지 스펙트럼은 하루를 주기로 변하나, HVSR의 정점주파수 (F_0)는 시간에 따라 변하지 않는 안정성을 보인다 (Fig. 2). 이것은 하루 중 어느 시간에 자료를 수집하더라도 안정적인 F_0 를 구할 수 있다는 것을 의미한다.

연안과 내륙 모두, 전체 자료의 80% 이상 F_0 를 구할 수 있었으며, 이것은 본 연구지역과 유사한 한반도 대부분의 지역에서 상시미동을 이용하여 부지효과를 구할 수 있다는 것을 시사한다.

연안과 내륙 모두, F_0 가 지형 및 지표지질과 뚜렷한 상관관계를 나타낸다 (Fig. 3). 군산의 대부분 지역에서 F_0 가 1~4Hz로 전주의 4~8 Hz 보다 낮아, 간척으로 생성된 군산 지역의 토양층 두께가 두껍고, 횡파의 평균 속도가 낮음을 나타낸다.

상시미동 HVSR의 증폭값은 전주의 대부분 지역에서 3 이하이며, 하천의 하류 부근에서 3~6의 값이 산발적으로 나타난다 (Fig. 4). 군산 지역은 최근 매립지에서 1~2 Hz 대역에서 매우 큰 값 (6~12)을 보여, 간척지의 부지효과에 대한 높은 관심과 지진재해 경감을 위한 노력이 요구된다.

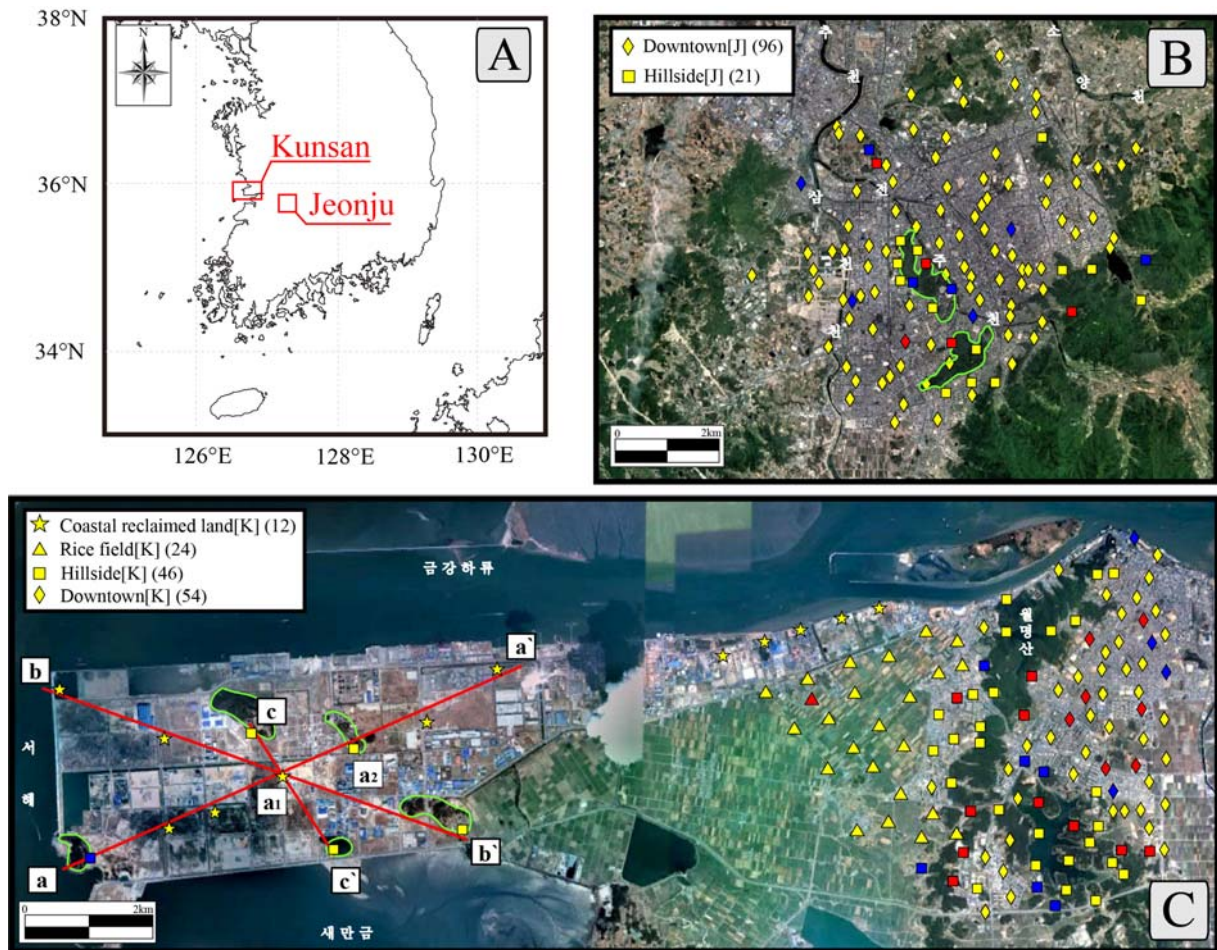


Fig. 1. Location map of the study areas. A: location of the two study areas; B: measurement sites in Jeonju; C: measurement sites in Kunsan. While symbols are used to group the subareas, colors are used to classify the HVSR peak

shapes. Squares for hillside, diamonds for downtown, triangles for rice field, and stars for reclaimed land. Red for "no peak", blue for "broad peak", and yellow for "single" or "double peak".

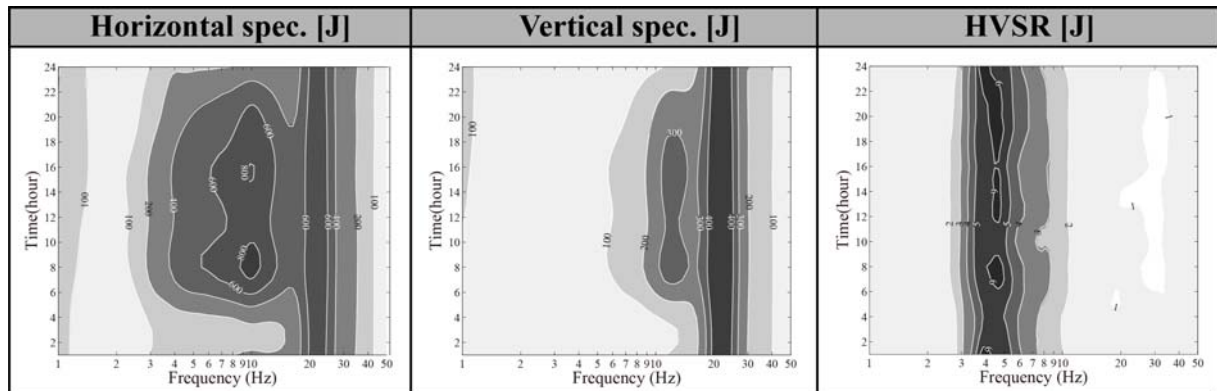


Fig. 2. Diurnal change of microtremor HVSR. Left and Middle: Horizontal and vertical components of microtremor collected during 24 hours, respectively. Right: HVSR of the data shown in the middle and left panels. HVSR peaks appear at ~4.5 Hz constantly even though the horizontal and vertical components change significantly as human activities vary with time during one day.

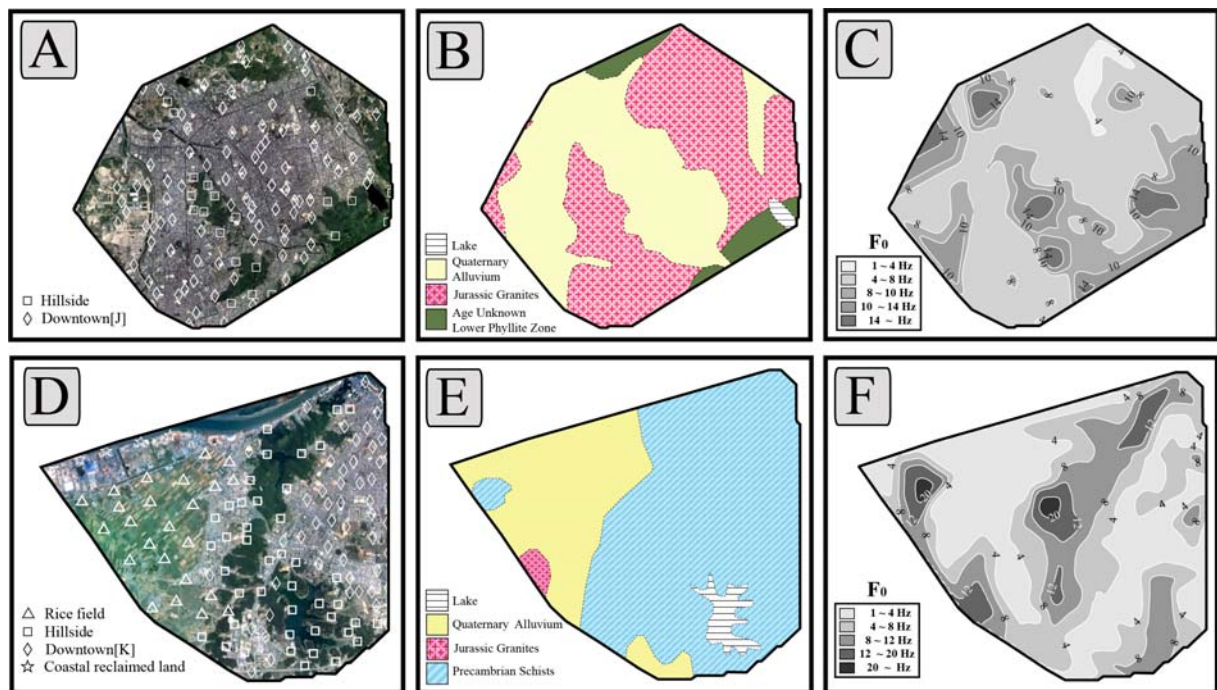


Fig. 3. Map of the HVSR peak frequency. Top for Jeonju (A, B, C), and bottom for Kunsan (D, E, F). The left panels (A and D) show the measurement sites on the satellite maps of the two areas. The middle panels (B and E) are the geologic maps of the areas. HVSR peak frequency maps of the two areas are shown in C and F.

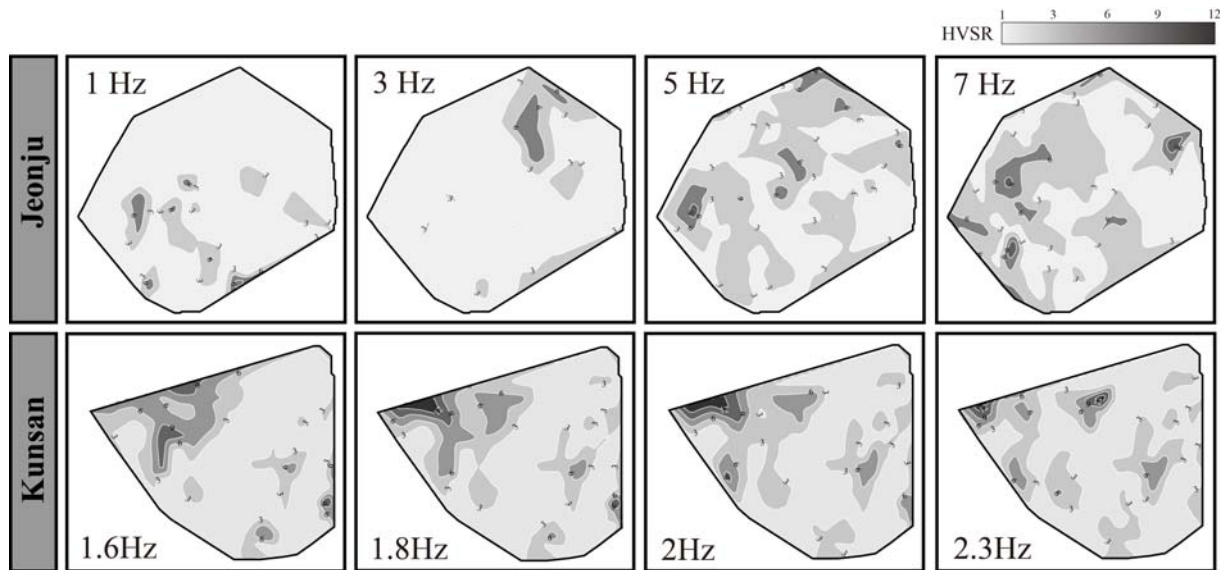


Fig. 4. Maps of the HVSR amplitude. Top and Bottom panels are for Jeonju and Kunsan at various frequencies, respectively.

참고문헌

Bard, P.Y., Chavez-Garcia, F.J., 1993. On the decoupling of surficial sediments from surrounding geology at Mexico City. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 83, 1979–1991.

Cara, F., Cultrera, G., Azzara, R.M., Ruveis, V.D., Giulio, G.D., Giammarinaro, M.S., Tosi, P., Vallone, P., Rovelli, A., 2008, Microtremor measurements in the city of Palermo, Italy: Analysis of the correlation between local geology and damage, *Bulletin of the Seismological Society of America*, 98, 1354–1372.

Gitterman, Y., Zaslavsky, Y., Shapira, A., Shtivelman, V., 1996. Empirical site response evaluations: case studies in Israel. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 15, 447–463.

Nakamura, Y, 1989, A Method for Dynamic Characteristics Estimation of Subsurface using Microtremor on the Ground Surface. *Quarterly Report of RTRI*, Vol.30, No.1, 25–33.

SESAME, 2004, Site Effects Assesment Using Ambient Excitations Project, Deliverable D16.04: Report of the WP04 H/V technique: empirical evaluation, <http://sesame-fp5.obs.ujf-grenoble.fr/Delivrables/D16-04.pdf>