수중 모래퇴적물에서 차주파수 음파의 비선형 산란

김병남*, 이강일*, 윤석왕*, 최복경**
* 성균관대학교 물리학과 음향학연구실, BK21 물리연구단
** 한국해양연구원 지구환경연구본부

Nonlinear Scattering of Difference Frequency Acoustic Wave in Water-Saturated Sandy Sediment

Byoung-Nam Kim*, Kang Il Lee*, Suk Wang Yoon*, and Bok Kyoung Choi**
*Acoustic Research Laboratory and BK21 Physics Research Division,
Department of Physics, SungKyunKwan University, Suwon 440-746, Republic of Korea
** Global Environment Research Laboratory, Korea Ocean Research and Development Institute,
Seoul 425-600, Republic of Korea
E-mail: bnkim@skku.edu, swyoon@skku.ac.kr

요약

Nonlinear scattering of difference frequency acoustic wave in a water-saturated sandy sediment was investigated. Difference frequency acoustic wave was observed to be scattered due to the nonlinearity of water-saturated sandy sediment when the collinear acoustic waves with two different fundamental frequencies are incident on the sediment. The pressure level of the difference frequency acoustic wave was 6 dB higher than the background noise level. It seems very useful to evaluate the nonlinear parameter of water-saturated sandy sediment without disturbing the sediment. Such nonlinear acoustic response of water-saturated sandy sediment can be used as background acoustic data for estimating the gas void fraction in marine gassy sandy sedimen.

1. 서론

해양에서 음파를 이용한 기포함유 퇴적층의 가스 함유량에 대한 조사는 해저유전층의 탐사와 생태학적인 환경 모니터링에 매우 중요하다. 특히, 해저유전층 탐사의 경우, 유전층은 항상 가스층과 함께 존재하며 일부 가스들이 기포의 형태로 퇴적층에 분포 할 수 있기 때문에 퇴적층의 가스 함유량 유추는 유전층의 존재여부를 결정하는 중요한 기준이 될 수 있다. 퇴적층에 존재하는 가스형태의 기포는 음향학적으로 매우 민감한 선형 및 비선형 음향 반응을 나타낸다. 현재 대부분의 퇴적층 음향탐사법은 기포의 선형적인 음향반응 성질을 이용하여 이루어진다. 이 방법은 수중에서 퇴적층으로부터 반사된 신호가 수신기까지 도달시 주변 환경에 의한 산란과 간섭등을 통하여 신호의 구분이 명확하지 않다는 단점이 있다. 그러나, 퇴적층의 비선형 음향 탐사법의 경우는 반사된 신호가 주변의 환경에 영향을 받지 않으므로 선형적인 방법보다 신호의 구분이 편리한 장점이 있다.

일반적으로 기포를 함유하지 않고 순수하게 물로 포화된 퇴적층도 기포함유 퇴적층과 비교해 높은 비선형 음향특성을 보여준다. 이것은 비선형 음향신호로부터 기포함유 퇴적층의 가스 함유량을 유추하기 위해서는 물로 포화된 퇴적물의 비선형 음향반응을 기초 자료로 먼저 알고 있어야함을 의미한다. 따라서, 본 연구에서는 비선형 음파로서 차 주파수 음파를 이용하여 물로 포화된 모래 퇴적물로부터 산란된 비선형 신호를 측정하였으며, 기포함유 모래 퇴적층의 비선형 음향 반응 측정시 기초자료 활용에 대한 논의를 하였다.

2. 실험과정

그림 1은 실험장치도를 보여준다. 물로 포화된 모래 퇴적물은 알갱이의 평균 직경이 0.4 ㎜였으며, 체적이 100 ×100 ×48 ㎣이고 양쪽 벽면이 매우 얇은 박스에

담겨 있었다. 송신 음파발생기는 직경이 80 ㎜이였으며 차주파수 음파의 관측을 위한 두개의 수동 주파수는 각각 76 kHz와 112 kHz였다. 신호는 두개의 함수발생기를

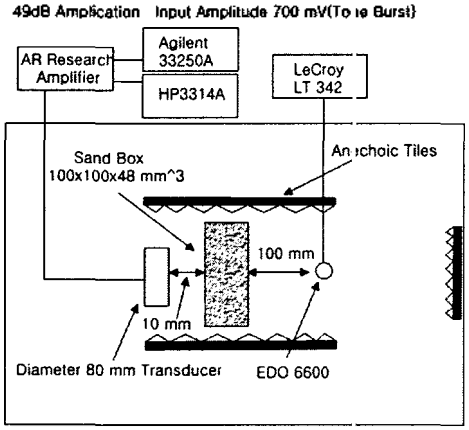
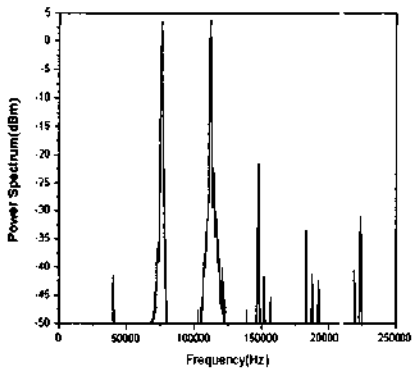


그림 1. 실험장치도

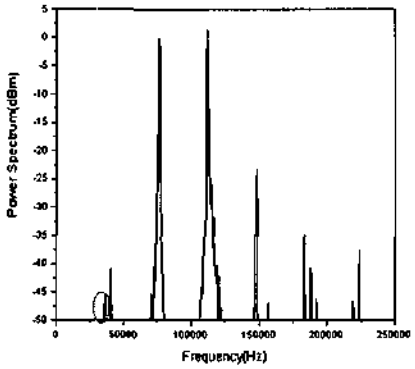
(Agilent 33250A, HP3314A)를 통하여 톤 버스트(tone burst)신호를 사용하였다. 신호의 폭과 반복주기는 각각 1.5 ms와 40 ms였으며, 신호는 파워증폭기(AR Research Amplifier 75A 250)를 통하여 49 dB 증폭 되었었다. 퇴적물로부터 산란된 차주파수의 비선형 음파는 수중청음기(EDO 6600)에 수신되어 오실로스코프(LeCroy LT342)에 저장되었다.

3. 실험결과

그림 2 는 수중에서 물로 포화된 모래 퇴적물의 유무에 따라 수신된 신호의 주파수 스펙트럼을 보여준다. 퇴적물의 입사면 위치에서 입사음압은 주파수 76 kHz와 112 kHz에 대하여 동일하게 모두 35 kPa 이었다. 그림 2(b)는 모래퇴적물의 비선형성으로 인하여 산란된 36 kHz 차주파수 음파의 발생을 명확히 보여 준다.



(a) 수중에 모래퇴적물이 없을때



(b) 수중에 모래 퇴적물이 있을때

그림 2. 수중에서 모래퇴적물 유무에 따라 수신된 신호의 파워 스펙트럼

모래 퇴적물로 인한 차 주파수 음파의 증가 레벨은 약 6 dB 였다. 이것은 Matveev등[1]이 측정한 차 주파수 음파의 레벨과 유사한 값으로 그들의 계산에 따르면 차주파수에 대한 비선형 계수는 거의 10^3의 값을 보여 주었다. 이 값은 기포의 비선형 계수와 비교하여 크게 작지 않음을 보여주므로, 기포함유 모래 퇴적물의 비선형 계수를 계산하는 경우 반드시 기본 자료로서 활용해야함을 의미한다. 그러나, 일반적으로 차주파수에 대한 비선형 계수는 계산이 복잡하고 계산을 만족하기 위한 실험 조건이 어려우므로 실제 기포함유 모래 퇴적물에 대한 실험적용의 경우에는 물로 포화된 모래 퇴적물에서 차 주파수 음파의 레벨을 기초 음향자료로서 활용하는 것이 더욱 편리할 수 있다.

3. 결 론

물로 포화된 모래 퇴적물로부터 차 주파수의 비선형 음파가 산란될 수 있음을 관측하였다. 차 주파수 음파의 증가 레벨은 약 6 dB 정도로 기존 문헌의 결과와 유사하였으며 이에 상응하는 비선형 계수는 10^3의 값이었다. 이것은 물로 포화된 모래 퇴적물의 비선형 음향 반응은 기포 함유 모래 퇴적물의 비선형 음향반응을 연구함에 있어 기본 자료로 활용해야 함을 의미한다.

참고문헌

1. A. L. Matveev, V. E. Nazarov, A. I. Potapov, I. A. Sostova, and A. M. Sutin, "Experimental Investigation of Nonlinear Acoustic Scattering in a Layer of Dry Sand,"Acoust. Phys. 45(4), 483-487 (1999).