

# 해저 탄성을 고려한 반사계수 모델을 이용한 음향 임피던스 변화 특성 고찰

이성욱, 한주영, 나정열

한양대학교 지구해양과학과

## A note on the characteristics of acoustic impedance using reflection model including the shear properties of seabed

Seongwook Lee, Jooyoung Hahn, Jungyul Na

Dept. of Earth and Marine Sciences, Hanyang University

[swlee65@empal.com](mailto:swlee65@empal.com)

### 요약

탄성 매질에서의 음파 반사 특성에 나타나는 임피던스 변화 특성을 고찰하였다. 접지각이 작은 영역에서의 임피던스 값은 접지각에 관계없이 거의 일정한 값을 가지고 해저면 Type 변화에는 민감하게 변화하는 특성을 나타내었다.

### 1. 서론

천해에서의 수중 음파 전달 특성을 예측하기 위해서는 해저면의 음향 특성에 대한 자료가 필수적이다. 해저면의 음향 특성 정보를 획득하기 위해서 과거에는 직접적인 측정에 많이 의존하였으나 최근에는 모델을 이용한 반복적인 계산을 통해 음향 실험 결과를 가장 잘 설명하는 값을 역으로 추정하고자 하는 연구가 많이 수행되고 있다.

원거리 음장 예측을 위한 목적으로 해저면 음향 특성을 역산하고자 하는 경우에는 해저 경계면에서 전반사

되어 전달되는 성분들이 주로 음장 형성에 기여하므로 해저 환경을 단순화시켜 1개의 반 무한 평면으로 고려하는 것이 편리할 수 있다. 이 경우에도 해저의 탄성을 포함하면 밀도, 음파 속도 및 감쇠계수, 전단파 속도 및 감쇠계수의 5개 인자 값을 추정하여야 한다.

최근에는 역산 인자의 수를 줄이기 위한 노력의 일환으로 앞에서 언급한 5개 인자를 추정하는 것이 아니라 전반사 영역에서의 음파 반사 특성 인자인 위상 기울기 [1]와 음향 임피던스 [2]를 역산 인자로 하고자 하는 노력이 시도된 바 있다.

여기에서는 음향 임피던스의 역산 인자로서의 가능성을 고찰하기 위하여 탄성이 있는 매질에서의 음파 반사 특성을 계산하고 해저면 종류 변화에 따른 임피던스 변화 특성을 분석하고자 한다.

### 2. 탄성이 있는 매질에서의 음파 반사 특성

그림 1은 표 1에 주어진 지음향 인자를 이용하여 계산한 반사 계수의 크기를 나타낸 것이다.

Table 1. Acoustic parameters of six typical seabed types[3].

Bottom Type	Density <sup>a</sup> ρ(g/cm <sup>3</sup> )	Compressional Wave Speed c <sub>1</sub> (m/s)	Shear Wave Speed b <sub>1</sub> (m/s)	Critical Grazing Angle θ <sub>c</sub> (deg)
A	1.6	1550	125	14.6
B	1.7	1700	200	28.1
C	1.8	1850	300	35.8
D	1.9	2000	450	41.4
E	2.0	2150	350	45.8
F	2.1	2300	350	49.3

a : Relative to seawater

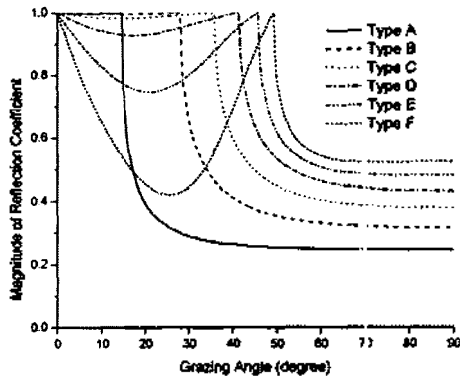


그림 1. 해저면 Type 변화에 따른 반사 계수의 크기 변화

그림 2와 그림 3은 수층과 해저 경계면에서의 음향 임피던스를 나타낸 것이다. 반사계수(R)와 임피던스(Z) 사이의 관계는

$$Z = \frac{1}{\sin\theta} \frac{1+R}{1-R} \quad (1)$$

로 주어진다. 여기서 임피던스는 수층의 밀도와 음속으로 나누어 준 값이고 θ는 접지각을 나타낸다.

약 15° 이하의 접지각 범위에서 임피던스는 접지각에 관계없이 거의 일정한 값을 가질 뿐만 아니라 해저면 Type 변화에 따라 민감하게 변화함을 볼 수 있다. 이것은 임의의 해저면 Type을 나타내기 위해서 표 1에서는 3개의 인자가 필요하지만 접지각이 작은 경우에는 복소수 값을 갖는 1개의 변수로 탄성이 고려된 해저면의 성질을 나타낼 수 있음을 보여주는 것이라 할 수 있다.

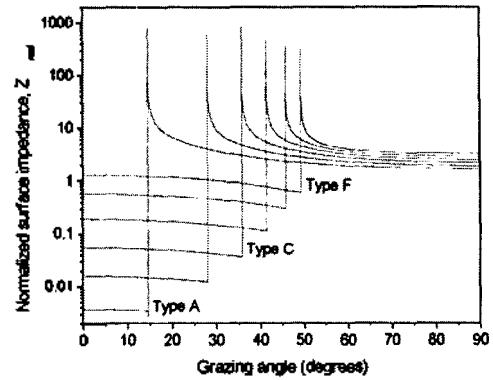


그림 2. 해저면 Type 변화에 따른 임피던스의 실수부 변화

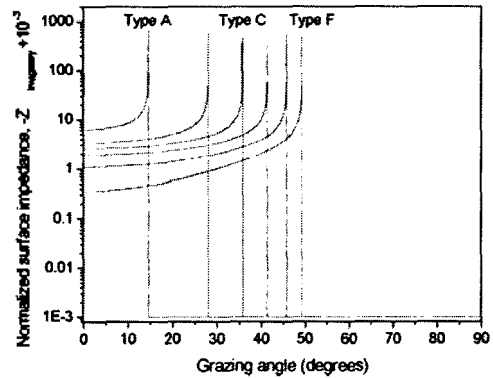


그림 3. 해저면 Type 변화에 따른 임피던스의 허수부 변화

## 참고문헌

1. P. Joseph, "Complex phase gradient as an inversion parameter for the prediction of shallow water propagation and the characterization of sea-bottoms", J. Acoust. Soc. Am., 113(2), 758-768, 2003.
2. D. M. F. Chapman, "What are we inverting for?", in *Inverse problems in underwater acoustics* (Springer, 2001) edited by M. I. Taroudakis & G. Makrakis, 1-14.
3. D. M. F. Chapman, P. D. Ward and D. D. Ellis, "The effective depth of a Pekeris ocean waveguide, including shear wave effects", J. Acoust. Soc. Am., 85(2), 648-653, 1989.