

변위벡터를 이용하는 탄성과 파형 역산을 통한 탄성매질 속도모델 구축

곽상민¹⁾, 편석준²⁾, 민동주¹⁾

¹⁾서울대학교 에너지시스템공학부, sm5@snu.ac.kr

²⁾인하대학교 에너지자원공학과

Elastic Velocity Model Building by Waveform Inversion using Displacement-Vector

Sangmin Kwak¹⁾, Sukjoon Pyun²⁾, and Dong-Joo Min¹⁾

¹⁾Department of Energy Systems Engineering, Seoul National University

²⁾Department of Energy Resources Engineering, Inha University

1. 서론

육상 또는 해저면 탄성과 탐사 시 다성분 측정을 통한 탄성과 기록은 보통 수평방향성분과 수직방향성분의 변위로 기록된다. 지하구조 영상을 얻기 위한 자료처리 방법 중 하나인 탄성과 파형역산은 이러한 탄성과 기록을 이용하여 역산문제 풀이를 통해 실제 지하매질의 속도에 가까운 속도모델을 재현하는 방법이다 (Lailly, 1983; Tarantola, 1984). 역산문제 풀이에는 현장 자료와 수치모델링 자료 간의 오차를 줄이고 인공 합성 속도모델을 실제 지하매질의 속도구조에 가깝게 변화시키기 위해 목적함수와 이에 따른 경사방향이 필요하다(Mora, 1987; Pratt et al., 1998). 본 연구에서는 기존의 목적함수와 달리 수평방향변위와 수직방향 변위를 결합하여 하나의 변위벡터로서 이용하는 목적함수를 연구하였다.

2. 이론

탄성과 탐사의 자료처리 과정에서 수치해석 방법을 사용할 때 이용되는 파동방정식은 음향매질과 탄성 매질에 대한 파동방정식 두 가지가 있다. 음향매질 파동방정식은 S파의 전파를 무시하고 P파만으로 지층에서의 파동전파를 묘사하는 반면, 탄성매질에 대한 파동방정식은 P파 전파에 따른 S파 발생 등의 모드변환 파와 표면파 등을 모두 고려하므로 육상 탐사자료를 재현하기에 적합하다. 이러한 탄성매질 파동방정식을 이용한 역산문제 풀이 시 목적함수로는 L2-노름이 가장 많이 쓰이며 수평방향변위와 수직방향변위를 모두 포함하여 적용하면 그 형태는 다음과 같다.

$$E = \sqrt{\sum_{i=1}^n \{(d_i^h - u_i^h)^2 + (d_i^v - u_i^v)^2\}} \quad (1)$$

여기서 d 와 u 는 현장자료와 모델링자료를, 윗첨자 h 와 v 는 수평방향변위와 수직방향변위를 나타낸다. 본 연구에서는 수평과 수직방향 변위가 이루는 변위벡터를 이용하여 새로운 목적함수를 정의하였다. 변위벡터의 크기에 대한 목적함수는 다음과 같다.

$$E = \left[\sum_{i=1}^n \left\{ \sqrt{(d_i^h)^2 + (d_i^v)^2} - \sqrt{(u_i^h)^2 + (u_i^v)^2} \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

또한 변위벡터의 방향(경사각)에 대한 목적함수는 다음과 같다.

$$E = \left[\sum_{i=1}^n \left\{ \arctan\left(\frac{|d_i^v|}{|d_i^h|}\right) - \arctan\left(\frac{|u_i^v|}{|u_i^h|}\right) \right\} \right]^{\frac{1}{2}} \quad (3)$$

3. 수치예제

Marmousi 모델에 대한 파형역산 결과, 변위벡터 목적함수를 사용하여 역산한 결과 얻은 속도모델은 기존의 목적함수를 사용한 역산결과와 유사하지만 심부에 대한 분해능이 보다 높은 형태의 속도모델을 얻을 수 있었다(Fig. 1). 특히 변위벡터의 크기와 방향에 대한 목적함수를 모두 사용한 경우 심부의 배사구조 형태를 보다 뚜렷하게 드러내는 영상을 구현하였다(Fig. 1d).

4. 결 론

본 연구를 통해 탄성과 탐사 시 다성분 측정을 통해 얻은 탄성과 기록을 이용하는 파형역산에 사용할 수 있는 변위벡터를 고려한 목적함수를 제안하였다. 이는 기존의 L2-놈을 변형한 형태의 목적함수로서, 수평방향변위와 수직방향변위를 하나의 변위벡터로 구성한 뒤 그 크기와 위상에 대한 목적함수를 구성하였다. 변위벡터 목적함수를 이용한 역산결과는 기존의 L2-놈 목적함수를 사용한 결과보다 모델의 심부에 대해서 향상된 영상을 구현하였다.

5. 사 사

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(No. 2010T100200133)

6. 참고문헌

- Lailly, P., 1983, The seismic inverse problem as a sequence of before stack migrations, *Conference on Inverse Scattering: Theory and Application*, SIAM, 206-220.
- Mora, P., 1987, Nonlinear two-dimensional elastic inversion of multioffset seismic data, *Geophysics*, 52, 1211-1228.
- Pratt, R. G., Shin, C., and Hicks, G. J., 1998, Gauss-Newton and full Newton methods in frequency-space seismic waveform inversion, *Geophys. J. Int.*, 133, 341-362.
- Tarantola, A., 1984, Inversion of seismic reflection data in the acoustic approximation, *Geophysics*, 49, 1259-1266.

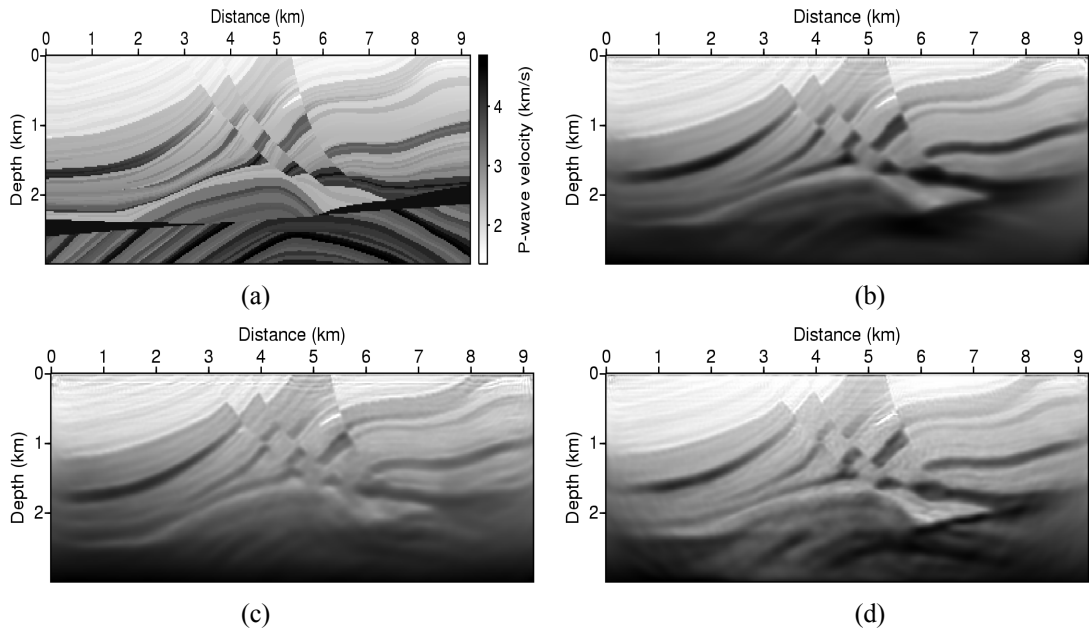


Fig. 1. (a) P-wave velocity of the Marmousi model and the inverted models (1000th iteration) obtained by using (b) conventional displacement-vector, (c) displacement-vector-magnitude and (d) displacement-vector (magnitude and phase by turns) objective function