

# 육상 3차원 탄성과 자료의 surface-consistent 정보정 적용 사례

신동훈<sup>1)</sup> · 박재우<sup>2)</sup> · 지준<sup>3)</sup> · 이두성<sup>4)</sup>

## 1. 서론

육상 천부 탄성과 반사법 탐사는 지표 천부의 지하 구조를 효과적으로 규명할 수 있어 80년대 이후 다양한 분야에 활발히 적용되고 있다. 천부 탄성과 탐사는 지표의 기복에 의한 신호의 지연, 천부에 존재하는 풍화층의 지질학적 특성에 의한 잡음과 풍화층의 두께가 일정치 않아 야기되는 반사와 신호의 왜곡 등으로 인해 정교한 자료처리 및 해석이 필요하다. 특히 균일하지 않은 풍화층의 두께로 인해 하부에 존재하는 수평지층으로부터의 반사와 신호가 굴곡된 지층처럼 나타나게 된다. 이러한 반사와 신호의 왜곡을 제거하기 위해 정보정 (Refraction statics)을 실시하게 된다. 정보정의 목적은 자료 처리 후 얻어지는 중합 단면에서 관찰할 수 있는 구조적 특징의 연속성을 증가시키는데 있다.

일반적으로 정보정은 선두파의 초동을 분석하여 천부지층의 속도와 깊이를 추정함으로써 풍화층에 대한 보정을 수행하는 것이다. 역행 주시법 (Reciprocal time method; Hawkins, 1961)과 이를 일반화 시킨 GRM (Generalized Reciprocal method; Palmer, 1981)이 있으며, 이는 양방향의 주시곡선에서 송신기와 수신기의 Reciprocity를 이용해 굴절면의 심도를 계산하는 방법으로 일반적인 2차원 탄성과 탐사에 많이 응용되어 왔으나 처리해야 할 자료의 양이 많은 3차원 탐사 자료처리에는 적합하지 않다. Farrell and Euwema (1984)는 2차원에서의 초동시간으로부터 굴절면의 형태를 계산하는 surface-consistent 정보정을, Hampson and Russell (1984)는 초기 천부 속도모델을 이용해 정보정을 계산하는 일반화된 선형 역산방법 (Generalized Linear Inversion)을 제안하였다.

본 연구에서는 정보정을 수행하기 위해, 탄성과 자료의 송신기와 수신기에 대한 위치정보와 초동시간을 사용하여 탐사지역에서 일관된 풍화층 하부 암반층의 속도와 각각의 송신기 또는 수신기 위치에서 나타나는 정보정 (Chun and Jacewitz, 1980, 1981)을 구해 육상 3차원 탄성과 탐사 자료에 적용하였다.

## 2. 이론적 고찰

Fig. 1.과 같은 파선 경로를 가지는 탄성과의 주행시간에 관한 식은

$$t = t_{AB} + t_{BC} + t_{CD} \tag{1}$$

로 주어지게 되고, surface-consistent한 형태의 주행시간은

$$t = t_{Ab} + t_{bc} + t_{cD} \tag{2}$$

가 되며, 이를 downgoing / upgoing 부분으로 나누면 식 (2)는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$t = \frac{h_1 \sqrt{1 - (v_1/v_2)^2}}{v_1} + \frac{x}{v_2} + \frac{h_2 \sqrt{1 - (v_1/v_2)^2}}{v_1} = s + \frac{x}{v_2} + r \tag{3}$$

**주요어:** 육상 3차원 탄성과 탐사, 정보정, surface-consistent

- 1) 한성대학교 영상화기술 연구실 연구원(sheen@itrl.hansung.ac.kr)
- 2) 한성대학교 영상화 기술 연구실 연구보조원(donald@itrl.hansung.ac.kr)
- 3) 한성대학교 정보시스템 공학과 조교수(jun@ice.hansung.ac.kr)
- 4) 한성대학교 정보시스템 공학과 부교수(dslee@ice.hansung.ac.kr)

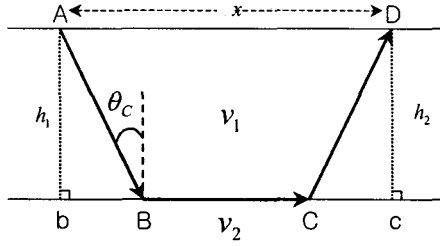


Fig. 1. Geometry for refracted arrival

$$t_{ij} = s_i + r_j + \frac{x_{ij}}{v_2} \quad (4)$$

식 (4)에서 탄성과 자료에서 얻어진 초동시간( $t_{ij}$ )과 오프셋( $x_{ij}$ )을 이용해  $i, j$  위치에서의 정보정량과 하부 암반층의 속도( $v_2$ )를 구할 수 있게 된다.

### 3. 탄성과 자료 획득 / 자료처리

육상 3차원 탄성과 자료획득은 2000년 3월에 강원도 삼척시 도계읍 늑구리에 위치한 남풍갱 주변에서 수행되었다. 10Kg 해머를 파원으로 사용하였으며, 자료기록은 0.5msec의 샘플링 간격으로 0.5초동안 실시하였다. 자료획득 모두 48 채널자료이며, Oyo-geospace의 DAS-1 system을 이용하여 얻은 자료이고, 지오폰은 40Hz의 지오폰을 이용하였다. Fig. 2a와 같이 4개의 수신기 배열을 설치하였으며, 지오폰의 간격은 인라인과 크로스라인 방향으로 모두 5m 간격이다. 송신기 배열은 인라인 방향으로 2m 간격, 크로스라인 방향으로 1m 간격으로 하여 2210번 타격하여 총 트레이스는 106,080개이다. CMP bin의 크기는 2m×2m이며, 최대 중합수는 384개이다 (Fig. 2b).

3차원 탄성과 탐사 자료의 반사법 자료처리는 본 연구실에서 개발한 3차원 반사법 자료처리 소프트웨어인 ISU3D를 활용하였으며, 정보정을 제외한 자료처리는 통상적인 자료처리 과정을 따랐다 (Siahooki et. al. 1998; Steeples et. al, 1998). 정보정을 구하기 위해 식 (4)를 conjugate-gradient method를 이용해 계산하였다.

### 4. 결과 및 해석

식 (4)를 이용해 탐사영역에 대한 정보정을 계산한 결과는 Fig. 3.과 같이 구해진다. 탐사영역의 중앙부분에 풍화층이 침강되어 있음을 알 수 있다. 또한 정보정을 수행함으로써 중합 단면에 나타나는 장과장의 구조적 연속성이 증가하나 단과장의 불연속면이 존재하는 것을 알 수 있다(Fig. 4).

이 식에서  $s, r$ 은 각각 송신기와 수신기에서의 정보정량을 의미하며,  $x$ 는 오프셋,  $v_2$ 는 surface-consistent 한 풍화층 하부 암반층의 속도를 나타낸다. 이 식을  $i$  번째 위치의 송신기와  $j$  번째 위치의 수신기에 대한 주행 시간  $t_{ij}$ 로 다시 쓰면 아래와 같다 (Farrell and Euwema, 1984).

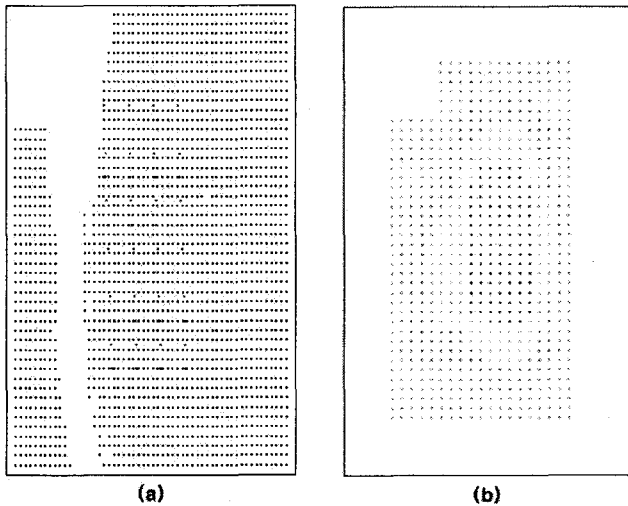


Fig. 2. Source-Receiver distribution (a), Number of CMP distribution (b)

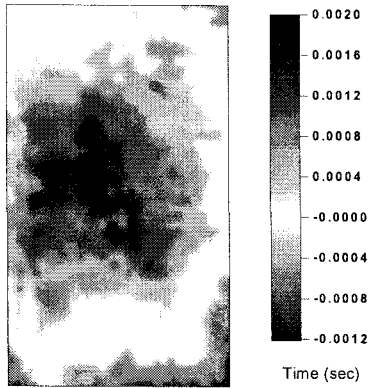


Fig. 4. Statics distribution

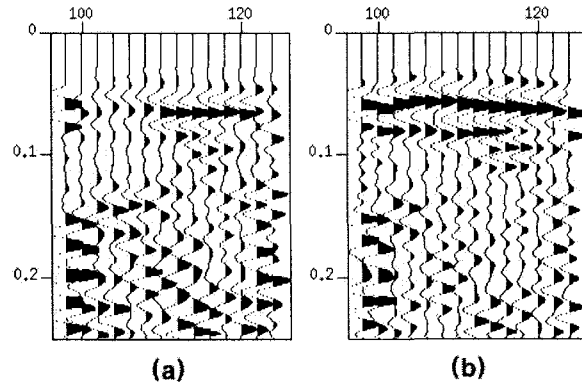


Fig. 3. Stack without statics (a); with statics (b)

### 5. 결론 및 토의

본 연구에서는 육상 3차원 탐사 자료에 대한 정보정을 수행하기 위해 초동시간과 송신기와 수신기의 위치 정보를 이용하여 자동적으로 surface-consistent한 속도구조에 부합하는 정보정량을 계산할 수 있도록 하였으며, 그 결과 중합 단면에서 구조적 연속성이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

정보정 과정에서 사용하는 초동은 파원에서부터 전파된 선두파 (Head wave)로써 풍하층 하부의 굴곡에 대한 정보를 포함하고 있다. 하지만 Fresnel Zone으로 인해 단파장 성분은 간섭되어, 오직 장파장 성분만을 분석할 수 있다. 따라서 초동을 이용한, 굴절파를 이용한 정보정은 굴절면의 공간적인 장파장 이상만을 보정할 수 있는 한계를 지니며, 단파장 성분을 보정하기 위해서는 반사파 정보를 이용한 잔여 정보정 (Residual Statics)를 수행해야 한다.

### 사 사

이 연구는 국가지정연구실 사업과제 “탄성파 영상화 기술 연구개발 및 응용”의 일부로 수행하였다. 한국과학기술평가원의 재정적 지원에 감사한다.

### 참고문헌

- Chun, J. H. and Jacowitz, C. H., 1980, "Automated statics estimation utilizing first-arrival refractions", *50th Ann. Internat. Mtg., Expanded Abstracts*, Soc. Expl. Geophys.
- Chun, J. H. and Jacowitz, C. H., 1981, "Weathering statics problem and first arrival time surfaces", *51th Ann. Internat. Mtg., Expanded Abstracts*, Soc. Expl. Geophys.
- Farrell, R. C., and Euwema, R. N., 1984, "Refraction statics", *Proc. IEEE*, Vol, 72, pp. 1,316~1,329
- Hampson, D., and Russel, B., 1984, "First-break interpretation using generalized linear inversion", *54th Ann. Internat. Mtg., Expanded Abstracts*, Soc. Expl. Geophys.
- Hawkins, L. V., 1961, "The reciprocal method of routine shallow seismic refraction investigations", *Geophysics*, Vol. 26, pp. 806~819
- Palmer, D. 1981, "An introduction to generalized reciprocal method of seismic refraction interpretation", *Geophysics*, Vol. 46, pp. 1508~1518
- Siahkoochi, H. R., and Geldart, L. P., 1996, "3-D seismic imaging of complex structures in glacial deposits", *66th Ann. Internat. Mtg., Expanded Abstracts*, Soc. Expl. Geophys.
- Steeple, D. W. and Miller, R. D., 1998, "Avoiding pitfalls in shallow seismic reflection surveys", *Geophysics*, Vol. 63, pp. 1212~1224.