

지열 사이트의 파쇄대 영상화를 위한 VSP 탐사

이상민¹⁾, 송호철¹⁾, 변중무¹⁾, 이태종²⁾

¹⁾한양대학교 자원환경공학과, sang_min78@hanmail.net

²⁾한국지질자원연구원

VSP survey for imaging fractures on geothermal site

Sangmin Lee¹⁾, Hocheol Song¹⁾, Joongmoo Byun¹⁾ and Tae Jong Lee²⁾

¹⁾Dept. of Natural Resources and Geoenvironmental Engineering, Hanyang Univ.

²⁾Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources

1. 서론

지열은 외부 원료 공급요건에 영향을 받지 않고 연중 가동할 수 있는 장점을 가지기 때문에 최근 해외에서 주목받고 있는 대체 에너지원이다. 지금까지, 국내에서의 지열이용은 주로 온천과 지열히트펌프를 이용한 건물냉난방에 국한되어 왔으며, 국내의 온천 및 지열이상대는 주로 화강암지역의 심부 파쇄대를 통한 지열수의 순환에 의한 것이 대부분으로 알려져 있다(Lee et al., 2010). 따라서 국내에서의 지열 탐사는 지하유체의 주요 통로인 심부 파쇄대의 분포상황을 정확히 파악하는 것이 매우 중요하다. 하지만 지표탄성파탐사만으로는 해상도와 급경사의 파쇄대 구조에 의한 영향 때문에 파쇄대의 영상을 정확하게 구현하는데 한계가 따르므로 심부시추공을 이용한 VSP 탐사가 더불어서 수행되어야 한다.

한편 일반적인 VSP 탐사자료 전처리 과정은 층서구조에서 얻은 자료를 기반으로 개발되어져 왔다. 이 연구에서는 먼저 합성탄성과 자료를 이용하여 파쇄대 지역에서 얻은 VSP 자료에 일반적인 VSP 탐사 자료처리 과정을 적용 했을 때의 문제점에 대해 고찰해 보았다. 또한 파쇄대가 존재하는 경우에 적합한 자료처리 과정을 제안하였고 이 작업을 현재 개발 중인 석모도 지열사이트에서 얻은 VSP 탐사자료에 적용하여 보았다.

2. 파쇄대가 존재하는 VSP 자료에 대한 전처리 과정

매질의 속도를 달리한 3층 층서구조(Fig. 1a)와 균질한 매질에 파쇄대가 존재하는 모델(Fig. 1b)을 구성하고 이들 속도모델로부터 얻은 합성탄성과 탐사 자료들을 도시하였다. Fig. 1b의 파쇄대는 2 m 간격의 1700 m/s의 속도를 가지고 시추공 좌, 우측에 각각 하향경사 80° 와 상향경사 45° 를 이루도록 설정하였다. Fig. 1c의 합성탄성과 자료에서 나타나듯이 층서구조 모델의 경우에는 직접파는 하향 이벤트로 반사파들은 상향 이벤트로 나타나기 때문에 VSP 자료처리 전처리 과정에서 f-k필터와 같은 dip filter를 이용하여 간단히 상향 반사 이벤트를 분리해 낼 수 있다. 하지만 급경사의 파쇄대가 존재하는 Fig. 1b의 경우에는 Fig. 1d에서 보듯이 파쇄대에 의한 반사파가 상향파뿐만 아니라 직접파의 진행방향과 같은 하향파로도 전파되게 된다. 따라서 Fig. 2a에서 보듯이 일반적인 VSP 자료 전처리 과정에서처럼 dip filter만을 이용하여 하향파만을 분리하게 되면 하향 전파되는 반사파의 이벤트까지 손실되게 된다. 따라서 Fig. 2b와 같이 median filter

등을 이용하여 직접파 또는 튜브파(존재시)만을 제거하는 과정으로 전처리 과정이 수행되어야 파쇄대로부터의 반사이벤트를 모두 획득할 수 있어 정확한 파쇄대 영상을 구현할 수 있다.

이를 검증하기 위해 Fig. 2의 합성탄성파탐사 자료를 중합전 위상막 구조보정(최윤경 등, 2006) 알고리즘을 이용하여 구조보정을 수행해 보았다(Fig. 3). 앞서 예상했듯이 구조보정 결과를 보면 일반적인 VSP 탐사에서처럼 하향파를 제거한 후 상향파만을 사용한 경우(Fig. 3a)는 시추공 왼쪽에 존재하는 파쇄대는 전혀 영상화가 되지 않고 오른쪽에 있는 파쇄대의 경우에도 일부만이 영상화 된다. Fig. 3b에서처럼 직접파만을 제거한 후 구조보정을 적용해야 파쇄대가 모두 영상화됨을 알 수 있다. 따라서 파쇄대가 존재하는 지역의 VSP 탐사자료에서는 파쇄대의 반사파가 상향파뿐 아니라 하향파로도 존재할 수 있기 때문에 일반적인 VSP 전처리 과정에서처럼 단순히 상향파만을 분리하여서는 안 된다.

3. 석모도 지열사이트 파쇄대 영상화를 위한 현장자료 전처리 결과

현재 개발 중인 파쇄대를 포함하고 있는 석모도 지열사이트에 현장자료를 일반적인 VSP 탐사 전처리 과정과 튜브파와 직접파만을 제거시키는 과정을 적용해 보았다(Fig. 4). Fig. 4a는 석모도 지열사이트에서 얻은 VSP 현장자료로써 직접파와 시추공벽에서 생기는 강한 튜브파가 나타난다. 이를 일반적인 VSP 전처리 과정에서처럼 dip filter를 적용하면 Fig. 4b와 같이 튜브파와 직접파뿐만 아니라 파쇄대의 반사파까지도 대부분 손실되는 것을 확인할 수 있다. 이와는 달리 Fig. 4c 처럼 median filter를 이용하면 튜브파와 직접파를 효과적으로 제거하였을 뿐만 아니라 직접파와 유사한 경향의 파쇄대 반사파가 손실되지 않고 남아있는 것을 볼 수 있다.

4. 결론

급경사 구조를 가지는 파쇄대 구조에서 파쇄대의 영상을 정확히 구현하기 위해서는 VSP 탄성파탐사를 수행하는 것이 유리하며, 파쇄대에 의한 반사 이벤트는 상향파와 하향파가 동시에 존재할 수 있기 때문에 층서구조에서 적용하듯이 단순히 상향파만을 분리시켜서는 일부 파쇄대 구조의 영상이 구현되지 않는다.

5. 사사

이 연구는 2010년 한국지질자원연구원의 ‘지표-시추공 탄성파탐사 영상화 기술(II)’ 과제의 일환으로 수행되었습니다. 이에 감사를 드립니다.

6. References

- 최윤경, 변중무, 신승일, 2006, 가스하이드레이트를 위한 VSP 자료의 중합전 위상막 구조보정의 적용에 관한 연구, 한국지구시스템공학회지, 41권 2호, pp. 310-319
- Lee, T. J., Han, N., and Song, Y., 2010, Magnetotelluric survey applied to geothermal exploration: An example at Seokmo Island, Korea, Jigu-Mulli-wa-Mulli-Tamsa, 13, 61-68.

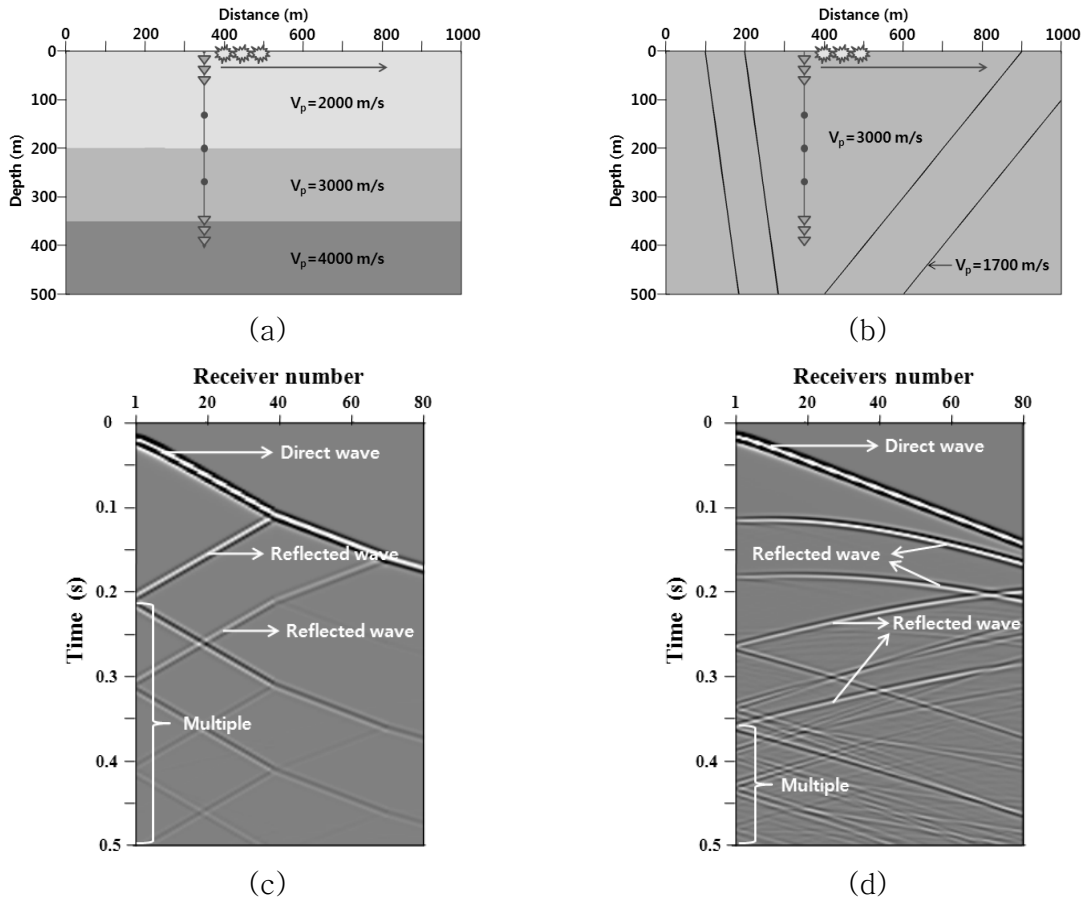


Fig. 1. (a) A velocity model including three horizontal layers. (b) A velocity model including fractures. (c) A common shot gather from the velocity model in (a). (d) A common shot gather from the velocity model in (b).

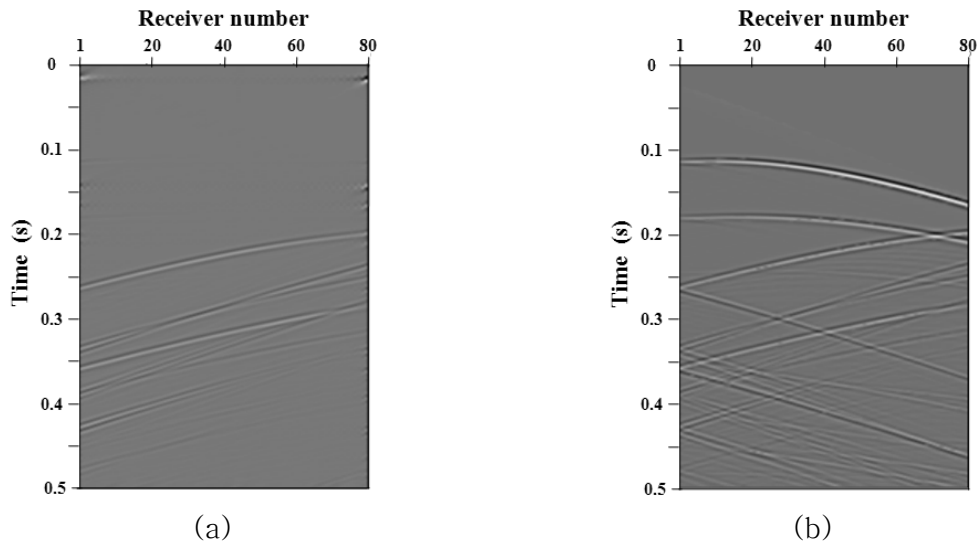


Fig. 2. Common shot gathers after removing (a) all downgoing waves, and (b) direct wave only from the common shot gather shown in Fig. 1d.

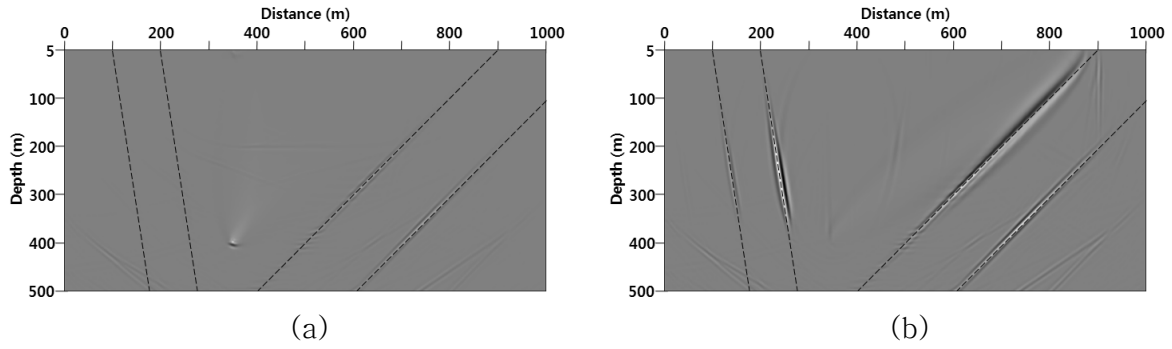


Fig. 3. Images after applying prestack depth migration to preprocessed data after removing (a) all downgoing waves and (b) only direct wave. The dashed lines indicate fractures.

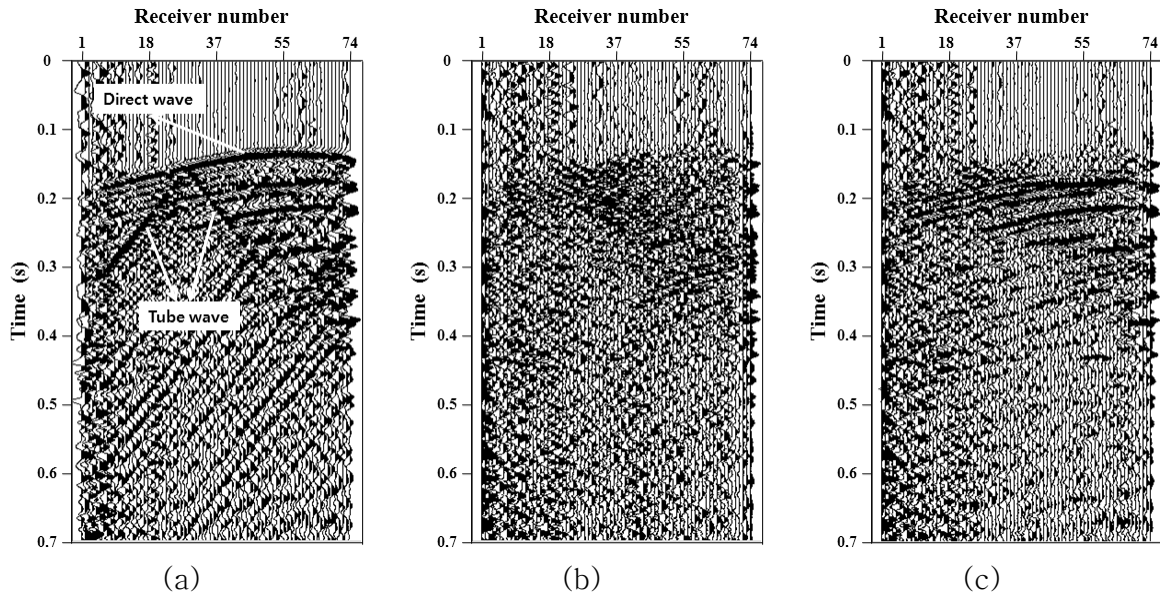


Fig. 4. Field RVSP data from Seokmo Island. (a) A common receiver gather. (b) A common receiver gather after removing downgoing waves and tube waves. (c) A common receiver gather after removing direct wave and tube waves.