

SWEET algorithm을 이용한 탄성매질의 traveltime과 amplitude 계산

차영호, 신창수, 서정희, 임해룡

1. 요약

Suppressed Wave equation Estimation of Traveltime (SWEET, Shin et al., 2000) 알고리즘을 이용하여 등방성 및 이방성 탄성 매질에 대한 초동 주시와 진폭을 계산하는 방법을 개발하였다. SWEET 알고리즘을 2차원 등방성 및 이방성 탄성 매질의 속도 구조에 적용하여 P파의 초동 주시와 진폭을 계산 할 수 있었다. 본 논문에서는 간단한 등방성 균질 탄성 모형, 복잡한 등방성 탄성 모형 및 간단한 이방성 균질 모형에 대한 수치 계산 결과를 보여 줄 것이다.

2. SWEET 알고리즘

어느 한 수신점에서 측정된 탄성과 신호는 일련의 가중치를 가지는 spike의 합으로 생각될 수 있다. 만약 이러한 신호에 $e^{-\alpha t}$ 와 같은 강한 damping factor를 곱하게 되면, 그림 1과 같이 첫번째 spike 만을 남기고 나머지는 거의 없어지게 된다. damping factor를 곱한 탄성과 신호는 수학적으로 큰 라플라스 주파수에 대한 라플라스 영역에서의 파동장이라고 할 수 있다(Shin et al., 2000). 이러한 방법을 이용하여 탄성과 신호에서 첫 번째 이벤트의 도달 시간과 진폭을 계산할 수 있게 된다. 본 연구에서는 2차원 탄성 매질에 대한 라플라스 영역에서의 파동장을 구하기 위하여 유한요소법을 이용하였다.

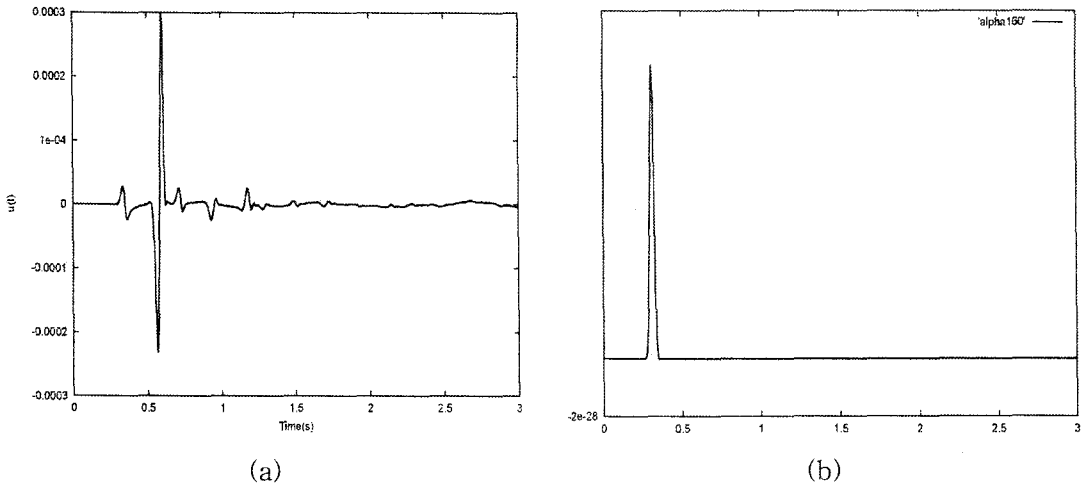


Fig. 1. An Example of a seismic signal : A synthetic seismogram for two dimensional earth model(a). The first arrival event is a direct P-wave and the second is a Rayleigh wave. (b) An example of a delta-like wave field by introducing a strong damping factor. This wave is obtained by multiplying e^{-160t} to the seismic signal shown in Figure 1(a).

3. 결과 및 고찰

탄성 매질에 대한 주시파 진폭을 검증하기 위하여 균질 등방 매질에 대한 본 연구에서 개발된 알고리즘에 의한 결과와 시간영역 유한요소법을 이용하여 얻은 결과와 비교해 보았고, 이를 복잡한 등방성 매질에 대한 주시파 진폭을 계산하였다. 마지막으로 이방성 균질 매질에 대한 주시파 진폭을 계산하였다.

본 연구에서 개발된 기법의 정확성을 검증하기 위하여 P파의 속도가 1000m/s이고 S파의 속도가 600m/s 밀도가 2500kg/m³ 인 균질 등방성 매질에 대하여 시간영역 유한차분법을 이용한 모델링에서 얻은 초동 주시파 진폭과 개발된 기법에 대한 결과를 비교해 보았다. 수직방향의 송신원이 지표면의 한 가운데 있고, 모형의 크기는 1000m × 1000m 이다.

그림 1(a)와 1(b)는 수직방향의 송신원에 의한 수평 및 수직 변위의 초동 주시를 그린 것이다. 그림 1의 0.5초와 1.0 초의 곡선을 통하여 P파의 정확한 도달시간과 일치함을 볼 수 있다. 그리고 수평성분의 송신원 하부의 주시 오차가 보이는데 이는 수평성분의 경우 P파가 거의 전달되지 않기 때문이다 (Pilant, 1979). 그림 1(c)와 1(d)는 수직방향의 송신원에 대한 수평 및 수직 변위의 진폭을 그린 그림이다. 이는 P파의 원거리 파동장의 형태를 잘 나타내 주고 있다 (Pilant, 1979). 그림 2는 시간영역 유한요소법을 사용하여 계산한 초동의 진폭을 그린 그림이다. 그림 1(c)와 1(d)의 결과와 잘 일치함을 볼 수 있다. 이러한 결과를 통하여 본 연구에서 개발된 알고리즘을 이용하여 탄성 매질에서의 초동 주시와 진폭을 정확하게 계산 할 수 있음을 알 수 있다.

그림 3(a)와 3(b)는 수평방향의 송신원에 대한 수평 및 수직 변위의 주시이고, 그림 3(c)와 3(d)는 수평 및 수직변위의 진폭을 나타낸 그림이다. 이는 수직방향의 송신원에 대한 파동장과 주시는 같지만 진폭이 반대되는 양상을 나타낸다.

4. 결론

SWEET 알고리즘을 이용하여 등방성 및 이방성 탄성 매질에 대한 P파의 초동 주시와 진폭을 계산할 수 있었다. 육상 탄성과 자료에 대한 구조보정에 개발된 알고리즘을 이용한 주시 및 진폭을 이용할 경우 보다 좋은 지하 영상을 얻을 수 있으리라 사료된다.

5. 사사

이 논문은 2001년도 두뇌한국21사업 및 국가지정연구실 사업에 의하여 지원되었음.

6. 참고 문헌

- [1] Shin, C., et al., 2000, Traveltime and amplitude calculation using the damped wave equation (submitted to Geophysics)
- [2] Pilant, W. L., 1979, Elastic waves in the earth: Elsevier, 103-127.

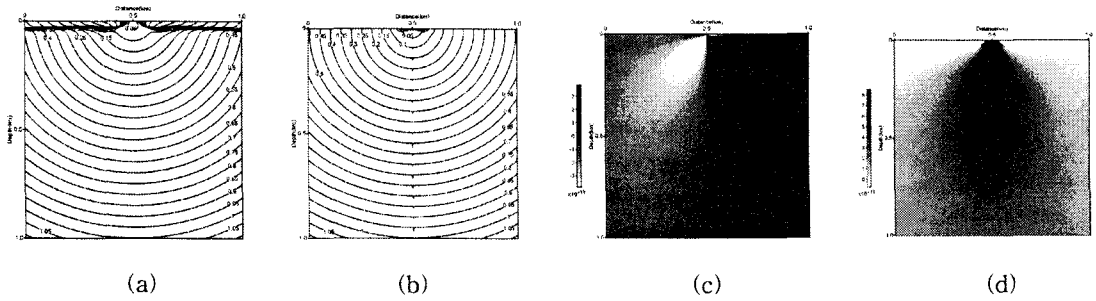


Figure 1. Traveltime contours of (a) horizontal displacement and (b) vertical displacement when a vertical line source ($x = 500\text{m}$, $z = 0\text{m}$) is applied. Amplitude maps of (c) horizontal displacement and (d) vertical displacement

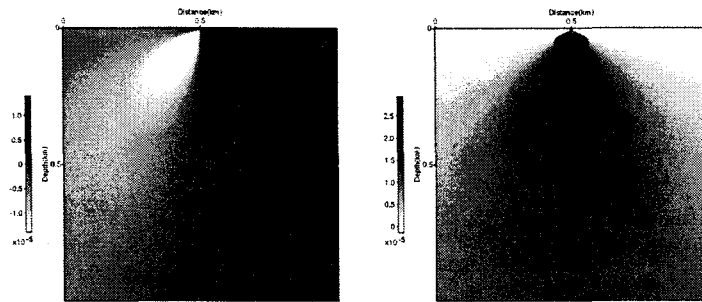


Figure 2: Amplitudes of (a) horizontal and (b) vertical displacement computed by time domain finite element modeling when a vertical source is applied with the same model as in Figure 1.

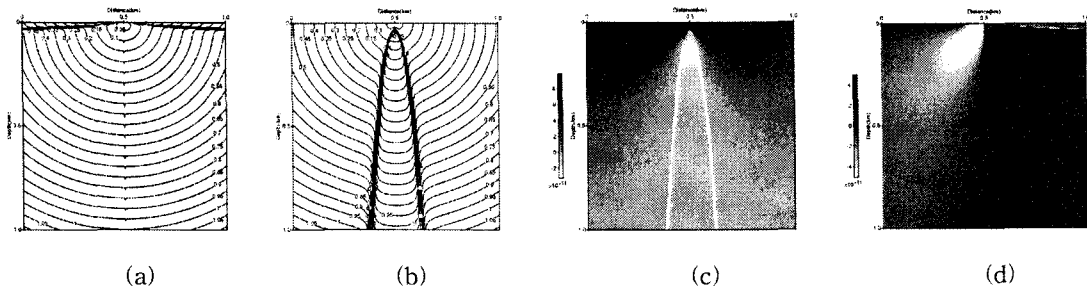
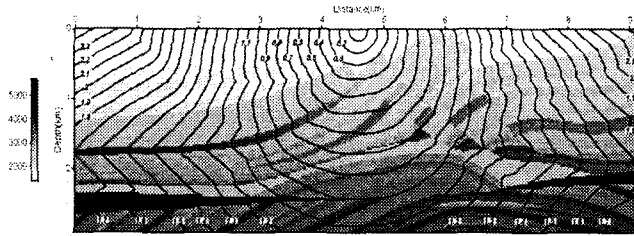
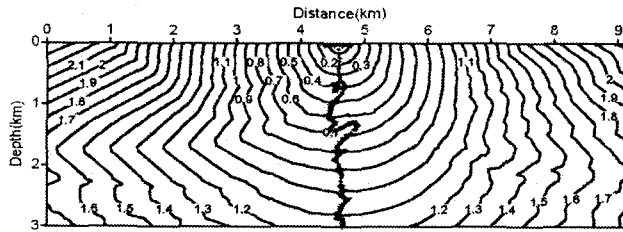


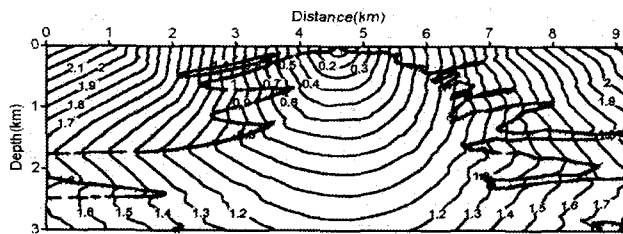
Figure 3: Traveltime contours of (a) horizontal displacement and (b) vertical displacement when a horizontal line source ($x = 500\text{m}$, $z = 0\text{m}$) is applied. Amplitude maps of (c) horizontal displacement and (d) vertical displacement.



(a)

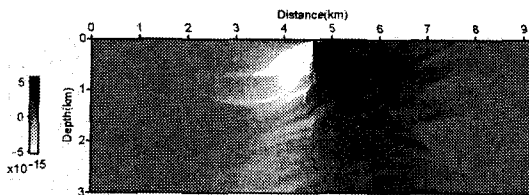


(b)

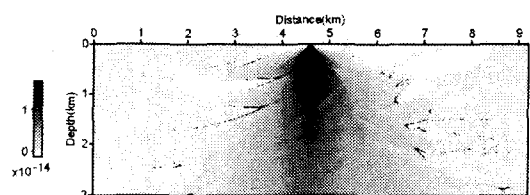


(c)

Figure 4: (a) The P-wave velocity distribution of the Marmousi model with the traveltimes contours obtained by Vidales method (1988). A source is located at ($x = 4608\text{m}$, $z = 0\text{m}$). Traveltimes of (b) horizontal and (c) vertical displacement obtained by the SWEET algorithm.



(a)



(b)

Figure 5: Amplitude of (a) horizontal and (b) vertical displacement for the Marmousi model by SWEET algorithm. The geometry is the same as Figure 4.