

축소모형실험을 이용한 균열대에서의 탄성과 산란특성 연구

신성렬¹⁾, 하영수¹⁾

¹⁾한국해양대학교 에너지자원공학과 srshin@hhu.ac.kr

Seismic Scattering Characteristics in Fractured Media using Physical Modeling

Sungryul Shin¹⁾, Youngsoo Ha¹⁾

¹⁾Dept. of Energy & Resources Engineering KOREA, MARITIME UNIVERSITY

1. 서론

현재 전 세계적으로 확인된 유,가스전 매장량이 상당수 탄산염암 균열저류층에 부존되어 있다고 널리 알려져 있다. 균열은 해당 매질의 물성분포에 큰 영향을 미치고 특히 균열저류층이라는 특수한 상황에서는 유,가스의 생산성에 직결되며 탄성과 거동에 있어 산란현상이 발생된다. 균열로 인한 산란특성은 균열의 특성을 나타낼 수 있는 지시체로 최근 수치모형실험을 통해 이러한 균열대에서의 탄성과 산란특성이 연구되어오고 있으나 실제 현장자료와 유사하다 할 수 있는 축소모형 실험을 통해 연구되어진 바가 없어 이에 본 연구를 수행하였다(Willis et al., 2006).

2.본론

본 연구에서는 일정한 균열간격과 균열간극으로 모델을 제작하였으며 모델의 재료로는 등방성을 가진다고 밝혀진 바 있는 아크릴을 사용하였다(하영수,신성렬, 2010). 모델은 Fig.1과 같이 1층에는 수직한 균열들이, 2층에는 균열이 없는 균질한 층이 존재하도록 제작하였고 측정환경과 변수는 Fig.2에서 나타내고 있다.

실험은 1층에 균열이 있는 모델과 균열이 없는 모델에 대한 것으로 크게 두 가지로 분류 할 수 있다. Fig .3에서 균열이 없는 모델의 탄성과 단면도와 균열이 있는 모델을 균열방향에 대해 나란한 방향과 수직한 방향으로 측정한 탄성과 단면도를 각각 (a), (b), (c)에 나타내고 있다. 균열방향에 나란히 측정한 결과는 균열이 없는 모델의 경우와 유사하게 나타나지만 전방향 산란 에너지(forward scattered energy)가 발생하여 다소간 간섭효과를 보이고 있음을 확인할 수 있고, 균열방향에 대해 수직하게 측정한 경우 전방 산란에너지에 후방향 산란 에너지(backward scattered energy)가 더해져 1층과 2층간의 경계가 불분명해지고 산란파와 반사파 에너지들 간의 간섭효과로 인하여 탄성과 단면도 상에서 불분명한 영상을 보여준다.

균열에 대한 측정방향이 수평할 때와 수직일 때 실험을 하여 본 결과 그 양상이 다름을 확인하였고 이에 균열이 있는 모델에 대하여 균열대에 대한 측정각을 10° 씩 달리 하여

균열방향에 수평한 0° 에서부터 균열방향에 수직한 90° 까지 측정하여 균열과 측정방향과의 관계가 산란정도에 미치는 영향을 좀 더 구체적으로 살펴보았으며 이를 Fig. 4에 나타내었다. Fig. 4에서 볼 수 있듯이 0° 에서 90° 로 증가함에 따라 후방 산란 에너지들이 점차적으로 증가하여 결국에는 산란으로 인한 흐트러진 코다파(Coda wave)를 확인할 수 있다. 이러한 산란효과를 Fig. 5.에 $f-k$ 스펙트럼에서 나타냄으로서 그 양상을 살펴보았고 Fig. 6에서 균열이 없는 모델에 대한 결과와 fig.4를 나타낸 실험결과의 차이를 나타냄으로서 균열방향에 따른 산란정도를 표현해 보았다.

3. 결론

균열대를 모사한 다양한 탄성과 축소모형실험들을 통해 균열대와 측정방향의 방향이 탄성과 산란특성과 밀접한 관계를 맺고 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 균열의 존재유무 탐지는 균열과 탐사방향이라는 변수를 반드시 고려해야 할 것이라 판단되며 향후 산란정도를 파악하여 균열대의 특성을 파악하는 시스템 구축에 있어 선행연구 자료로 활용될 것이라 사료된다.

사 사

본 연구는 2009년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다. (No. 2009T100200049) 이에 감사드립니다.

참고문헌

하영수, 신성렬, 2010, VTI 매질의 탄성과 이방성 축소모형 실험, 한국지구시스템공학회 춘계학술발표회, pp. 52-55.

Mark E. Willis, Daniel R. Burns, Rama Rao, Burke Minsely, M. Nafi Toksoz, and Laura Vetri, 2006, Spatial orientation and distribution of reservoir fractures from scattered seismic energy, Geophysics, 71, 43-51

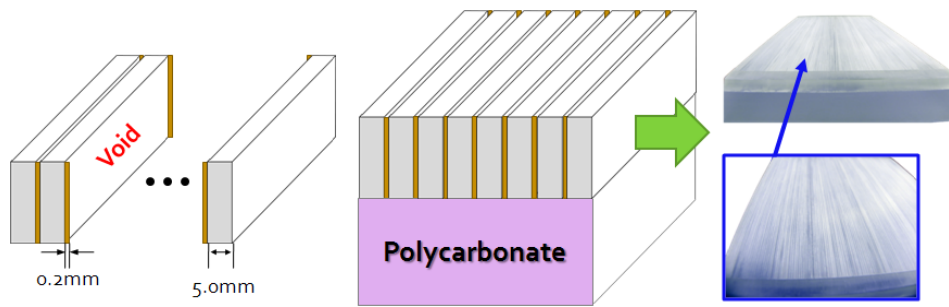
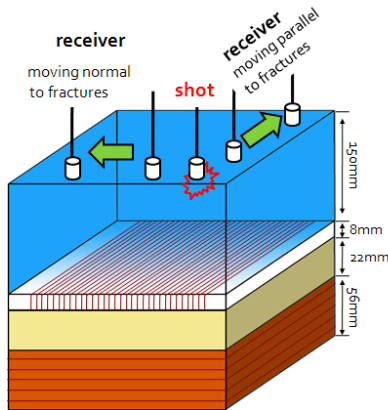


Fig. 1. A schematic diagram of the design of fractured media



1MHz, 1:25,000

	Thickness (mm)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Density (g/cm ³)
#1 layer : Water	150.0	1500	-	1.000
#2 layer : Acrylic	8.0	2630	1370	1.185
#3 layer : Polycarbonate	22.0	2260	-	1.191
#4 layer : Bakelite	56.0	2860	1450	1.388

Fracture zone

	Wavelength of P-wave(mm)	Fracture spacing(mm)	Fracture opening(mm)	Spacing / wavelength(%)
Layer #2 (137 sheets)	2.630	0.500	0.202	19, 1/5

Fig. 2. A schematic data acquisition and parameters for the layered fractured model

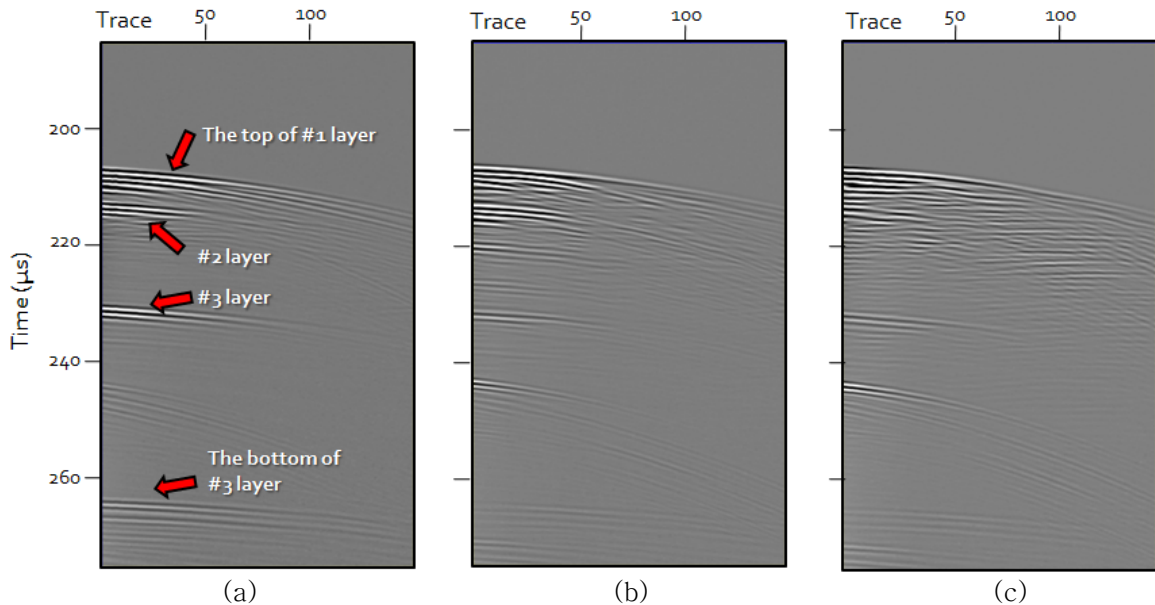


Fig. 3. (a)seismogram from the model without any fractures, (b) parallel and (c)normal to fracture strike

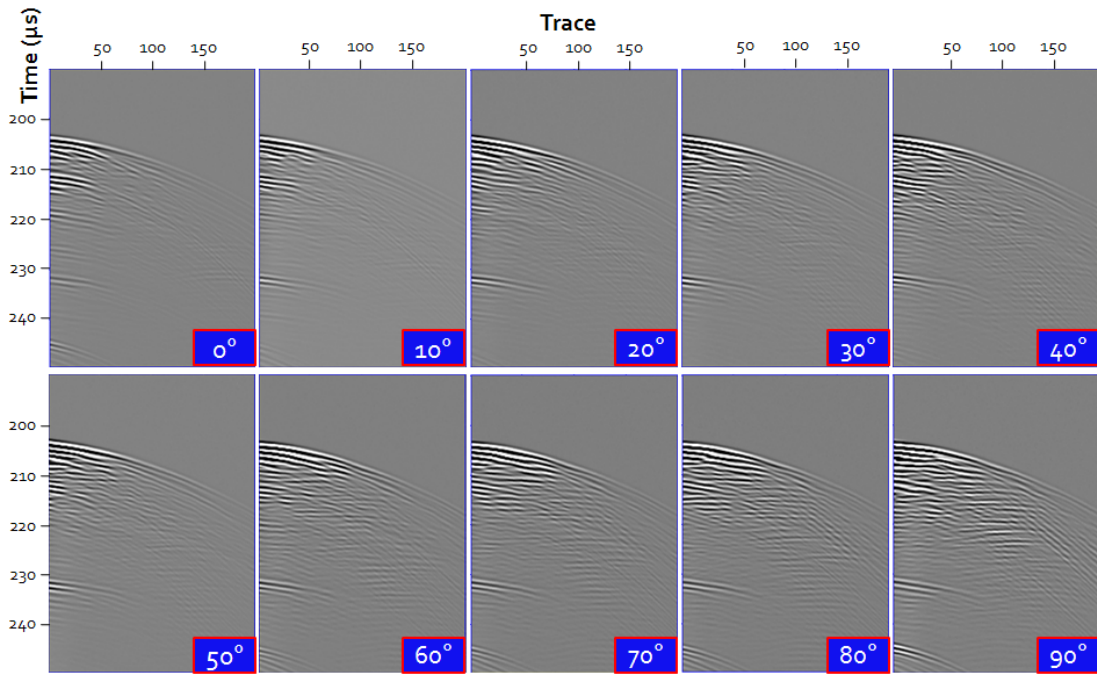


Fig. 4. Seismograms from parallel to normal.

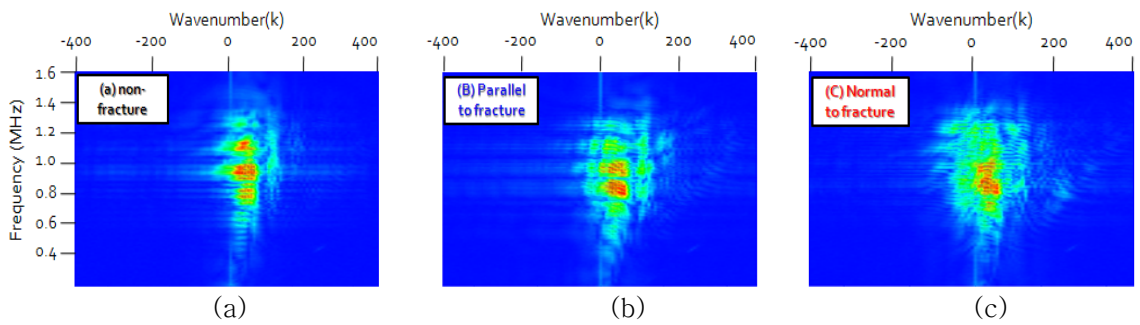


Fig. 5. (a)F-K spectrum of non-fracture, (b)parallel and (c)normal to fracture strike.

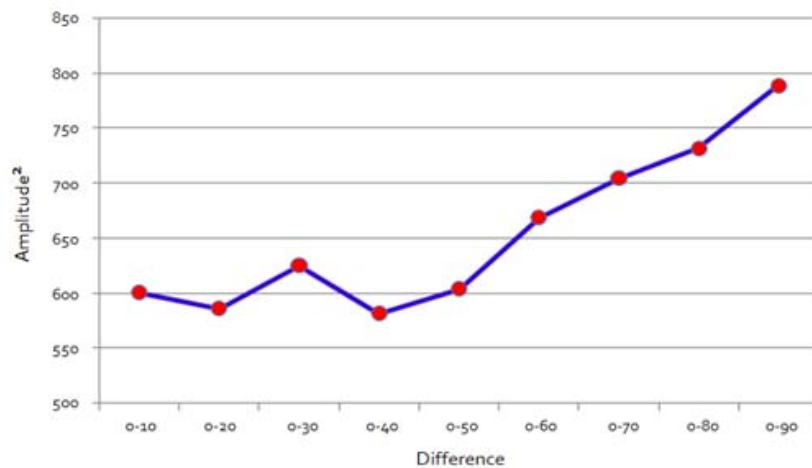


Fig. 6. Amplitude differences between parallel and 10 to 90 degree to fracture strike.