

모델링 기술을 이용한 심해 Gas Hydrate의 탄성과 특성 연구

신성렬¹⁾·여은민²⁾·김찬수³⁾·김영준⁴⁾·박근필⁵⁾·이호영⁶⁾

Seismic properties of Gas Hydrate using Modeling Technique

Sung-Ryul Shin¹⁾, Eun-Min Yeo²⁾, Chan-Su Kim³⁾,
Young-Jun Kim⁴⁾, Keun-Pil Park⁵⁾, Ho-Young Lee⁶⁾

Abstract : Gas hydrate is ice-like crystalline lattice, formed at appropriate temperature and pressure, in which gas molecules are trapped. It is worldwide popular interesting subject as a potential energy. In Korea, a seismic survey for gas hydrate have performed over the East sea by the KIGAM since 1997. In this paper, we had conducted numerical and physical modeling experiments for seismic properties on gas hydrate with field data which had been acquired over the East sea in 1998. We used a finite difference seismic method with staggered grid for 2-D elastic wave equation to generate synthetic seismograms from multi-channel surface seismic survey, OBC(Ocean Bottom Cable) and VSP(Vertical Seismic Profiling). We developed the seismic physical modeling system which is simulated in the deep sea conditions and acquired the physical model data to the various source-receiver geometry. We carried out seismic complex analysis with the obtained data. In numerical and physical modeling data, we observed the phase reversal phenomenon of reflection wave at interface between the gas hydrate and free gas. In seismic physical modeling, seismic properties of the modeling material agree with the seismic velocity estimated from the travel time of reflection events. We could easily find out AVO(Amplitude Versus Offset) in the reflection strength profile through seismic complex analysis.

Key words : Gas Hydrate(가스 하이드레이트), Physical modeling(축소모형실험), Numerical Modeling(수치모형실험), Seismic Complex Analysis(탄성과 복소분석)

1. 서론

가스 하이드레이트는 고압 저온의 조건하에서 물과 메탄가스가 결합하여 형성된 고체상 화합물로 재래형 석유와 천연가스를 대체할 수 있는 미래의 에너지원으로 전 세계적으로 관심이 높다. 국내의 경우, 1996년 가스 하이드레이트 연구를 최초로 착수한 이래 가스 하이드레이트 부존 지역 규명을 위한 물리탐사를 1998년 동해에서 수행하고(KIGAM), 취득한 탄성과 탐사 자료를 처리하여 부존 가능성을 확인하고^[1], 또한 가스 하이드레이트 층에서의 탄성과 AVO 특성이 연구되었다^[2]. 본 연구는 심해저 가스 하이드레이트 부존 예상 지역의 해양 탄성과 탐사 자료 처리 및 해석 결과를 근거로 하여 가스 하이드레이트 탄성과 탐사자료의 특성, 지층 정보 및 속도를 규명하기 위해서 수치 및 축소모형실험을 수행하고 획득한 실험 자료에 대하여 탄성과 복소분석을 실시하였다.

2. 수치모형실험

수치모형실험 방법은 탄성과동방정식을 지배방정식으로 Staggered Grid를 이용한 유한차분법 탄성과 모델링 기법을 사용하였다^[3], 가스 하이드레이트가 없는 경우의 수평 3층 모델과 가스 하이드레이트 및 Free gas가 존재할 경우 인 수평 5층 모델에 대해서 통상적인 다중채널 탐사, OBC(Ocean Bottom Cable)탐사 그리고 VSP(Vertical Seismic Profile) 탐사에 대한 수치모형실험을 실시하였다.

Fig 1과 2는 각 모델에 대한 다중채널 탄성과 탐사의 합성탄성과 기록으로 Fig. 1에서는 직접파, 해저면 반사파, 하부 지

층의 반사파 그리고 다중반사파 등을 관찰할 수 있으며, Fig. 2에서 가스 하이드레이트층과 Free gas층의 반사파와 함께 음향임피던스 감소에 의한 반사파의 위상역전 현상을 확인할 수 있다.

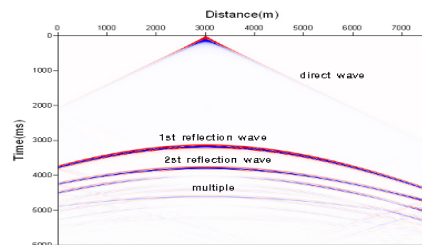


Fig. 1. Synthetic seismogram of multi-channel surface seismic survey based on the horizontal three layered model.

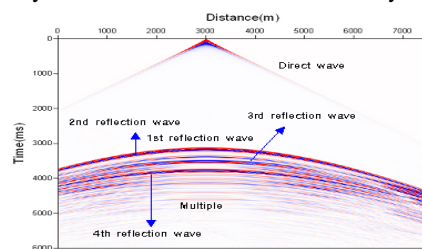


Fig. 2. Synthetic seismogram of multi-channel seismic survey based on the horizontal five layered model with gas hydrate and free gas formation.

1) 신성렬 (한국해양대학교 해양개발공학부), E-mail: srshin@mail.hhu.ac.kr, Tel: 051)410-4681
2) 여은민, 한국해양대
3) 김찬수, 한국해양대
4) 김영준, 한국지질자원연구원
5) 박근필, 한국지질자원연구원
6) 이호영, 한국지질자원연구원

3. 축소모형실험

축소모형실험은 탄성과 전파현상의 규명, 음원 및 수신기의 다양한 배열과 지하지질구조에 따른 탄성과 진폭 등의 반응을 파악함으로써 탄성과 탐사자료를 보다 정량적으로 해석하기 위한 수단으로 사용되어 왔다^[4]. 아크릴, ABS 및 PE수지, 베이클라이트 등을 이용하여 심해저 가스 하이드레이트 부존 환경의 수평지층모델을 가정한 모형을 제작하고 탄성과 수조모형실험을 통하여 통상적인 다중채널 탄성과 탐사, Deep tow(음원) 탐사 그리고 Deep tow(음원-수진기) 탐사자료를 획득하였으며, 획득한 자료에 대하여 복소분석을 수행하였다^[5].

탄성과 축소모형실험장치는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 탄성과 또는 신호를 발생시키고 이 때의 반사신호를 수신하여 저장하는 부분, 초음파 트랜스듀서를 원하는 위치로 움직이는 위치 제어부분, 수조 및 지질모형 그리고 컴퓨터 제어-프로그램 부분으로 나눌 수 있다^[6].

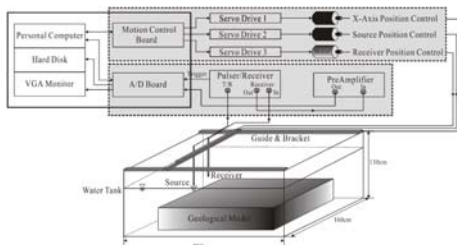


Fig. 3. Diagram of the seismic physical modeling system.

Fig 4와 5는 각 모델에 대한 Deep tow(음원) 탐사의 기록 자료로써, 직접파와 모든 반사파들이 명확하게 관찰된다. Fig 6과 7은 Deep tow(음원) 탐사 자료에 대하여 Hilbert 변환을 이용하여 구한 순간진폭 단면도이며 음원과 수신기의 거리가 0~150mm일 때는 반사파의 진폭변화가 거의 없지만, 거리가 150mm 이상으로 증가할 때는 입사각의 증가와 전반사 등으로 인하여 진폭의 변화가 커지는 것을 확인할 수 있다.

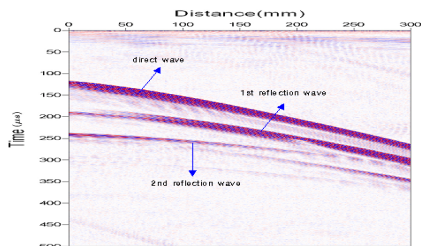


Fig. 4. Deep tow(source) seismic common shot gather physical modeling data for horizontal three layered model.

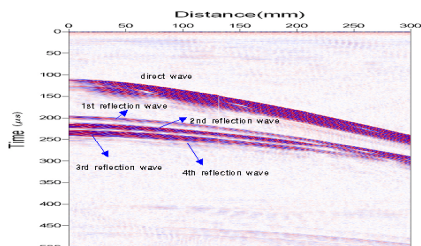


Fig. 5. Deep tow(source) seismic common shot gather data for horizontal five layered model

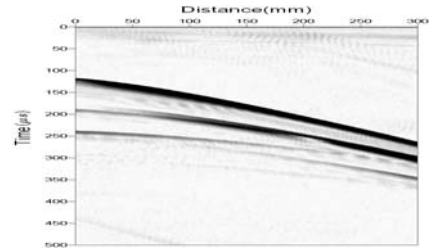


Fig. 6. Reflection strength section of Deep tow(source) survey common shot gather data(Fig. 10) complex analysis.

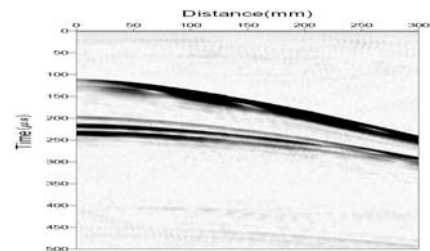


Fig. 7. Reflection strength section of Deep tow(source) survey common shot gather data(Fig. 12) complex analysis.

4. 결 론

Staggered grid를 이용한 수치모형실험은 속도 및 밀도 등 탄성계수를 자유롭게 적용할 수 있어 가스 하이드레이트의 부존 상황을 잘 모사할 수 있었으며, 다양한 음원과 수신기의 배열을 통하여 각 배열에 따른 탄성과 반응 특성(진폭 및 위상)을 확인할 수 있었다. 축소모형실험에서는 음원과 수신기의 배치에 따른 각각의 상이한 탄성과 반응 특성을 확인하였으며, 획득한 자료의 복소분석을 통하여 입사각에 따른 진폭의 변화를 명확히 관찰할 수 있었다.

5. 사 사

본 연구는 한국지질자원연구원 ‘국가 지질 조사 및 자원탐사사업’의 가스 하이드레이트 관련 위탁 연구과제의 결과이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- [1]장성형, 서상용, 정부홍, 류병재, “Geobit를 이용한 가스 하이드레이트 탐사자료 처리”, 물리탐사, Vol. 2, No. 4, pp. 184-190, 1999.
- [2]양승진 外 3人, “하이드레이트 층에서의 탄성과 AVO 특성 연구”, 한국자원공학회지, Vol. 37, pp. 213-223, 2000.
- [3]신성렬, 신창수, 서정희, “Staggered를 이용한 유한차분법 탄성과 모델링”, 한국자원공학회지, Vol. 34, pp. 168-174, 1997.
- [4]신성렬, 신창수, 장원일, 임종세, “3차원 탄성과탐사 모형실험장치 개발”, 한국자원공학회지, Vol. 38, No. 6, pp. 424-431, 2001.
- [5]Taner, M. T., Koehler, F., and Sheriff, R. E., “Complex seismic trace analysis”, Geophysics, v. 44, No. 6, pp. 1041-1063, 1979.
- [6]Ebrom, D.A. and McDonald, J.A., “Seismic physical modeling”, SEG reprint Series, pp. 32, 1994.