

## Azimuthal anisotropy at Valhall: the Helmholtz equation approach

Aurelien Mordret, Nikolai M. Shapiro, Satish Singh, Philippe Roux, Jean-Paul Montagner,  
Olav. I. Barkved

GRL-Accepted article 2013

Date: 2013/5/1

Summarized by Seongryong Kim

---

Helmholtz tomography는 bent rays와 finite frequency 효과를 동시에 고려할 수 있다는 장점이 있다. 단일 주파수의 surface wave의 단일 모드의 전파는 2차원 Helmholtz equation으로 근사할 수 있다.  $\frac{1}{c_i(\omega, \mathbf{r})^2} = |\nabla(\tau_i(\omega, \mathbf{r}))|^2 - \frac{\Delta A_i(\omega, \mathbf{r})}{A_i(\omega, \mathbf{r})\omega^2}$ 에서  $c$ 는 phase velocity,  $i$ 는  $i$ -번째 가상 지진원,  $\tau$ 와  $A$ 는 각각 phase travel-time과 spectral amplitude이다. 따라서 이 식을 이용하여 각 지점의 travel-time의 gradient와 amplitude의 Laplacian을 계산하면 그 지점에서의 phase velocity와 그 gradient 방향을 이용한 phase의 전파 방향을 구할 수 있게 된다. 하나의 관측소를 기준으로 다른 관측소들의 위치에서의 phase travel-time과 amplitude를 측정하여 mapping하는 작업을 모든 관측소에 대하여 수행한 후 평균하면 모든 관측소 위치에서의 phase velocity를 구할 수 있고, 관측소 사이의 지점에 대해서는 interpolation 한다. Azimuthal anisotropy는 한 지점으로 각 다른 방향에서 전파해 들어오는 surface wave의 phase velocity를 azimuth에 따라 plot (bin-stacking)하고 이를  $c(\psi) = c_0 + A\cos[2(\psi - \varphi)] + B\cos[4(\psi - \alpha)]$ 와 같은 식을 이용하여 least-square fitting하여  $A, B, \varphi, \alpha$ 등을 계산한다.

이러한 방법은 Lin et al. (2009)에 의해 처음 제시되었고, 본 논문에서 Valhall oil field 해저면을 전파하는 Scholte wave에 대하여 적용하였다. 총 120 km 길이의 OBS cable의 2320개 센서에서 기록된 6.5시간의 자료를 사용하여 0.5-2.85 s의 주기의 noise를 이용하여 phase velocity가 구해졌고 (Mordret et al., 2013a), azimuthal anisotropy가 구하여졌다. 본 연구에서 구해진  $2\psi$  anisotropy의 elliptic pattern은 잘 알려진 해저면의 production-induced subsidence와 일치한다.