

Subducting Slab Ultra-Slow Velocity Layer Coincident with Silent Earthquakes in Southern Mexico

Song et al, Science 324, 502 (2009)

summarized by Seongryong Kim

Silent earthquake들 즉, SSE나 NVT 같은 현상들은 Cascadia나 일본, 멕시코의 섭입대에서 발견되고 있는데, 이는 섭입대에서 지진이 주로 발생하는 coupling section의 아래쪽 끝 부분에서 주로 발생하는 것으로 보인다. 따라서 이 논문에서는 멕시코의 섭입대에서 알려진 Silent earthquake의 위치와 섭입판의 지역적 형태를 비교하여 메커니즘을 밝혔다.

우선 2D FD waveform modeling를 통해 regional waveform의 P, SP (slab 상부 경계에서 converting된) phase가 도달하는 부분을 맞추는 모델을 만들었다. source region 바로 위 slab의 경계에 위치한 3~5 km, 2.0~2.7 km/s의 ultra-slow velocity layer (USL)가 존재할 경우 특이한 SP의 큰 진폭을 맞출 수 있었다.

40개의 지진 자료 중 13개는 상대적으로 작은 SP arrival이 관측되었는데, 이 관측결과와 공간적 위치를 통해 slab상부의 USL의 존재여부가 위치에 따라 다를 수 있었다. USL은 내륙 쪽(섭입 방향)의 지진의 경우 관찰되지 않았다.

이러한 공간적 변화를 다른 방법을 통해 확인하였다. USL에 의한 teleseismic depth phase인 s_USL_P 또한 regional scale에서의 SP와 같은 공간적 변화를 보여주었다(USL에 의한 큰 진폭의 SP를 보여주는 같은 지진에 대해 s_USL_P 또한 관찰되었다).

USL의 S파 속도는 같은 깊이의 해양지각의 경우(3.8~4.4 km/s)보다 30~54% 더 느리다. 해양지각의 부분용융이 이러한 속도를 느리게 할 수 있지만, 이러한 효과를 감안하더라도 더 느리다. 이는 fluid-saturated된 해양지각에 의해 생성된 구조로 생각할 수 있는데 이 결과로 porosity가 ~2에서 3.5%이고 aspect ratio (alpha)가 ~0.01인 high pore-fluid pressure layer (HPFP)가 생성된다. 이는 이 지역에 대한 전기비저항이 200 ohm정도인 것을 통해 확인할 수 있다.

Silent earthquake의 위치와 관측 결과를 비교해 보면 공간적 관계가 있음을 알 수 있다. slab의 깊이를 이용하여 지열을 결정했는데, 지열이 150~350(degree celsius)인 곳은 megathrust earthquake가 주로 발생하고, 350~450인 곳은 interseismic coupling이 존재하는 부분으로 slow slip이 일어난다. NVT의 경우 HPFP layer이 있는 곳으로 지열이 450인 곳과 일치한다. (그림 1)

이러한 공간적 분포에 대한 저자들의 해석은 그림 4에 정리되어 있다. fluid saturated된 transition zone(이 연구에서 관찰된 USL)이 interseismic coupling이 강한 깊이에서 slab의 상부에 존재하는데, interseismic period동안 부분적으로 coupled되어 episodic slow slip를 지진대 끝 부분, 지열이 350~450인 깊이에서 발생시킨다. NVT는 이러한 transition zone의 끝부분에서 발생하는데, 이는 blueschist-eclogite dehydration이 예측되는 40~50 km 깊이이다. fluid가 이곳에서 빠져나와 위에 있는 판으로 침투하면서 NVT를 발생시키고 전기비저항도 높게 측정된다. 이 fluid가 섭입판 상부(HPFP layer)에 갇혀 이 깊이까지 내려 가는 과정으로 낮은 S파 속도를 가진 층이 특정 지역에서만 관찰되었다. 즉, fluid를 함유한 HPFP layer가 판 사이의 마찰을 낮추어서 SSE를 유발했고, 깊은 곳에 이르러서 HPFP의 fluid가 dehydrate되면서 NVT를 유발했다고 해석할 수 있다.