

**Possible deep fault slip preceding the 2004 Parkfield earthquake,
Inferred from detailed observation of tectonic tremor**

David R. Shelly

Main shock이 발생 전에 slow aseismic slip과의 관계 분석을 통하면 특정 지역에서의 지진예지가 가능하다. 이를 보여주기 위하여 이 논문에서는 2001년에서 2008년까지 Parkfield borehole High Resolution Seismic Network(HRSN)에서 기록된 tremor 자료를 이용하였으며, 2004년 9월 28일 발생한 규모 6.0의 Parkfield 지진 전, 후의 extension deep fault slip의 tremor behavior를 연구하였다.

관측된 tremor 자료로 LFE(Low frequency Earthquake)를 분석하였는데, 선택된 waveform templates에서 matched filter 기법을 이용하여 event를 동정하고, 모든 관측소의 cross-correlation coefficients의 합을 이용하여 event간의 similarity를 측정하였으며, 시간에 따른 tremor의 rate를 비교하기 위하여 동일 event 군의 발생 빈도를 계산하였다.

Parkfield 지진이 발생하기 전에, 대부분의 event family는 2003년 11월부터 2008년 12월 동안 평균 rate 또는 평균 rate 보다 작은 값으로 발생하였다. 그러나 평균보다 높은 rate로 발생하는 2개의 event family가 가장 북쪽에 위치하는데 이 지역은 main shock 진원지 바로 직하부이다. 이 event family의 활동은 2004년 2-3월에 다소 증가하다가 7-9월에 더욱 뚜렷해진다. 2004년 Parkfield 지진 전의 3개월 동안 이들 북쪽 event family의 발생 비율은 2003년 11월부터 2004년 12월 사이에 발생한 지진의 47%이다. 이들 pre-earthquake rate의 증가는 family 2 이하의 남쪽방향으로 확장되지 않으며 post earthquake에서도 가속되지 않는다. 또한 2003년 11월에서 2004년 9월 사이의 2개의 tremor family는 rate가 증가한데 비하여 Parkfield 지진 발생 이후의 기간 동안 감소한다. 따라서 pre-earthquake rates의 증가한다는 것은 사실상 post earthquake가 감소한다는 의미로 해석할 수 있다.

또 하나의 두드러지는 현상은 지진발생 전의 3개월 동안 가장 북쪽에서 발생하는 event family의 migration episode가 점차적으로 north와 south 혼합에서 southward로 propagation 된다는 것이다. 이러한 현상은 deep fault에서의 loading의 비율의 변화가 북쪽에서부터 우세하고, 이 migration pattern과 높은 활동 rate은 Main shock 3개월 전에 deep fault에서 북쪽방향으로 가속화된 creep (즉, slow slip event)에 기인하는 것으로 설명된다.

따라서, 현재까지 관측된 자료의 제한성이 있지만, tremor분석은 surface geodetic 측정으로는 얻을 수 없는 진행 중인 deep fault slip을 나타내는데 매우 유용하다. 이러한 tremor의 지속적인 관측을 통하여 특정 지역에서 time에 의존하는 지진을 예지하는데 이용할 수 있을 것으로 생각된다.