

Slow earthquakes triggered by typhoons
ChiChing Liu, Alan T. Linde & I. Selwyn Sacks
Nature, V459, 11 June 2009

Taiwan은 Philippine Sea plate와 Eurasian plate의 수렴경계에 위치하고 있어 seismicity가 높다. Taiwan은 지질학적으로 세 부분으로 나누어 지는데, (Western Foothill, Central Range, Coastal Range) 서쪽은 많은 지진이 발생하는데 반해 동쪽의 해안지역은 uplift rate이 20 mm/year이나 됴에도 불구하고 규모 7이상의 지진이 지난 100년간 단 두 차례만 발생하였다.

이 지역에 Sacks-Evertson 디자인의 strainmeter가 2002년 부터 시작하여 총 세 지역에 설치되었다. 그리고 잘 작동 되었다.

Taiwan은 태풍이 자주 오는데, 주로 하반기에 집중된다. 태풍의 낮은 기압은 strainmeter에 expansion (positive strain)으로 기록 되고 그 amplitude는 기압의 변화와 station 기반암의 bulk modulus에 의존한다. 그러나 태풍이 오는 시기에 이와 반대의 즉, negative strain이 기록되는 경우가 있었다. 2002년 후반에서 2007년 후반까지 약 20번 관찰되었고 수 시간에서 하루 까지 지속되었다. 특히 11개의 event의 경우 큰 amplitude와 복잡한 waveform을 보였고, boot straping에 의 해 11번의 event가 태풍과 시기가 겹칠 수 있는 확률은 극히 미미한 것으로 계산되었다. 만약 이러한 strain의 변화에 대한 원인이 직접적으로 태풍에 있다면, 이는 지표의 변화와 연관되어야 하고 이는 태풍이 올 때마다 관찰되어야 하는데, 이 논문에서와 같은 변화는 몇몇의 경우에만 관찰되었다. 따라서 지하에 원인이 있다고 생각할 수 있고, 이는 즉 slow earthquake에 의한 것이라 추정할 수 있다.

strainmeter station은 ZAN, HGS, CHM 인데, 각 station은 bulk modulus에 따라 다른 진폭을 보이지만 그것 뿐 만 아니라, 특성이 다르다. 그림 3에서와 같이 모두 동시에 negative strain이 증가하다가 ZAN, HGS, CHM 순으로 순차적으로 다시 감소한다. 이는 시간차이가 source에서의 표면 strain이 전파하여 station들을 통과한 것으로 생각된다.

모델링으로 이러한 과정을 검증하기 위해 fault에 대한 정보가 필요한데, 이는 seismicity를 통해 서쪽 방향으로 dipping하는 역단층을 가정하였다. 기압이 낮아지면 역단층에 대한 normal force를 낮추고 shear stress를 증가시켜서 rupture가 일어나기 쉽게 한다. 변화의 속도가 느리므로 buried shear dislocation source에 의한 deformation을 elastic한 medium에 대해 static하게 modeling 하였다 (그림 3 참고). 간단한 모델로 아주 좋은 결과를 얻었는데, seismic moment release는 Mw5.4 정도였다.

태풍에 의한 기압감소에 해당하는 strain event의 amplitude를 plot했는데 (그림 4) elastic한 모델링을 했으므로 strain amplitude는 slow slip event의 크기와 비례한다. 대략적으로 관측값들이 태풍이 없이 일어나는 slow slip event보다 크기가 크고, 기압강하가 커질수록 triggering되는 규모도 커지는 것 처럼 보이나, 자료수가 부족하다.

지진파에 의한 triggering에 비해 태풍에 의한 기압 변화에 의한 경우 아주 작은 strain을 야기하기 때문에 단층이 failure state에 아주 가까이 있을 경우에 가능하다. 즉 태풍에 의해 slow earthquake가 triggering되는 것은 지극히 minor 한 경우이다.

더 많은 station을 확충하여 왜 상대적으로 높은 convergence rate에 비해 지진이 없는지에 대해 밝히겠다.