

地震発生の1サイクルの間に生じる断層の非弾性変位 Estimation of inelastic displacement of a fault zone during an earthquake cycle

山本 清彦^{1*}
YAMAMOTO, Kiyohiko^{1*}

¹なし

¹none

1. はじめに: 破砕帯/アスペリティーモデルは震源パラメータを断層帯の物理的性質として解釈することを目的に提案された(Yamamoto & Yabe, 2003, 2006 地震学会). このモデルでは, アスペリティーを完全弾性体と見なして変形と破壊を扱うことによって, 見かけの破壊エネルギーを見積もっている. さらに, 破砕帯の回転によって生じる断層面に垂直な変位を一次近似で計算しているが, この近似は破壊エネルギーを過大評価することがわかった. ここでは, この垂直変位をアスペリティーの非弾性変形を考慮してより正確に再計算した. この結果に基づき, プレート境界の地震について, 地震に伴う変位および再来時間と地震の規模との関係を検討した.

2. 破砕帯/アスペリティーモデル: このモデルでは, アスペリティーを含む破砕帯を断層帯, 断層とそれを囲む母岩との境界面を断層面とよぶ. アスペリティーは断層面間の変位が u^*_{fc} , $u^*_{fc} = u_c + u_{fc} = t(e_c + e_{fc})$ になった時に破壊する. ここで u_c と u_{fc} は u^*_{fc} の弾性および非弾性成分であり, t は断層帯の厚さである. また, これらの変位はそれぞれ歪み e_c と e_{fc} に対応している. u_c は臨界変位であり, アスペリティーの変位の弾性成分である. アスペリティーが破壊すると断層面には新たに u_b が生じ地震を起こす. また, この時, 断層帯の中にすべり面ができる. スリップ面での相対変位は $u_c + u_b$ になり, 地震に伴う変位よりも大きい.

すべり面は断層帯中に伝播して拡大してゆくが, これに伴って, 破砕帯中に回転が生じ断層面に垂直な変位 v を生じる. この変位は断層面に働く法線応力 s_n に対して仕事をす. 断層面の単位面積当たりの仕事を仕事密度 w とよぶと, 仕事密度 w は, $w = (s_n v) \approx s_n (1+2a)e_c u_c / 2$ と書ける. ここで $a = e_{fc} / e_c$ である. 見かけの破壊エネルギーはこの仕事にほぼ等しい. 震源の深さを約 10 から 20km とし, s_n をその深さの静岩圧, 岩石の剛性率を 30GPa とすると, 破壊時の弾性歪みは約 10^{-2} である. これを使って得られる臨界変位と見掛けの破壊エネルギーの関係を大中と松浦 (2002) によって纏められた実験結果と比較すると $(1+2a)/2 \approx 1$ が得られる. これから, $e_{fc} \approx e_c / 2$, すなわち, アスペリティーが破壊するときには弾性歪みの 1/2 の大きさの非弾性歪みがあることを示している.

3. プレート境界に発生する大きな地震の再来時間: 1923 年関東地震と 1703 年元禄地震は相模トラフ沿いに起こった大地震として知られている. この間は 220 年である. 前者の規模は $M8.1 \pm 0.2$ とされるが, ここでは, $M8.0$ を採用する. 1703 年元禄地震の規模は 7.9 から 8.5 で, 研究者によって異なる. $M8.0$ の地震を伴う平均断層変位は約 5.1m, 臨界変位は約 2.56m である. 元禄地震を基準にすると, 断層帯の変位増加率として 11.6mm/year が求まる. 非弾性成分が, 常時, 弾性成分の 1.5 倍あるとすると, 全体の変位増加率は 17.4mm/year で Loveless, J.P. and Meade, B.J. (2010) のものにはほぼ一致する.

プレート境界での弾性的な変位増加率を 11.6mm/year とすると, 再来時間 400 年の地震の臨界変位は約 4.6m, 断層変位の平均は約 9.2m, 滑り面上の平均変位は約 16.1m になる. また, 断層長は約 288km になり, 相模トラフの全長にはほぼ一致する. この地震の規模は約 $M8.5$ になる.

キーワード: 破砕帯/アスペリティーモデル, 非弾性変位, 破壊エネルギー, 臨界変位, 1923 年関東地震, プレート境界
Keywords: damage zone/asperity model, inelastic displacement, fracture energy, critical displacement, 1923 kanto earthquake, plate boundary