

大断層の長期的滑り速度における脆性塑性遷移領域のレオロジーの重要性 Importance of Fault Rheology around Brittle-Plastic Transition in Long-Term Slip Rate of Major Faults

○野田 博之
○Hiroyuki NODA

A ductile shear zone underlies the seismogenic part of a major fault, and its rheology may significantly affect the long-term slip rate. I have conducted numerical simulations of earthquake sequences in a crustal plate under a constant far-field stress τ_{pl} with a major fault penetrating it, using a rate- and state-dependent friction-to-flow fault constitutive law. The fault hosts repeating earthquakes in the brittle part, and slips by a long-term speed V_{pl} on average which depends on τ_{pl} . The relation between τ_{pl} and V_{pl} is very well explained by a power law which is similar to the steady-state solution with uniform slip rate V_{ss} . V_{pl} is larger than V_{ss} approximately by a factor of 2 due to heterogeneous distribution of shear stress. The rate-dependency of local shear resistance of the fault is maximum at a brittle-plastic transition, indicating the importance of the fault rheology in the transitional regime.

1. はじめに

大断層の深部には結晶塑性変形が卓越する延性剪断帯が存在する。大地震の多くは地震発生層の下部を破壊開始点とする事が 1980 年代から指摘されており、延性剪断帯及びその上部の脆性塑性遷移領域の挙動は地震発生過程を考える上で重要なターゲットである。深くなるにつれて圧力上昇による強度増加が予想される脆性域と、温度上昇による弱화가予想される塑性領域との遷移部では断層強度が極大となる可能性がある。その為、地震サイクルよりも長い時間スケールにおける断層の構成則（長期的滑り速度と応力の関係）を考える上でも、脆性塑性遷移は重要である。

本研究では図 1 に示される様なリソスフェアを模した弾性板を横断する横ずれ断層に対し、地震サイクルの計算を行った。脆性塑性遷移を表現できる断層構成則を仮定し、一定遠方応力 τ_{pl} の条件下で断層を駆動し、断層の長期的滑り速度 V_{pl} と τ_{pl} との関係調べた。



図 1 本研究で用いた問題設定。

2. 長期的滑り速度と応力の関係

脆性変形が卓越する浅部では繰り返し地震が発生するが、より長い時間スケールでは断層の滑り量は時間にほぼ線形に増加する。その速度は一樣滑り速度 (V_{ss}) の不安定定常解よりも約 2 倍程度早くなる。 V_{pl} の τ_{pl} の関係べき乗則で良く表現でき、その冪は V_{ss} と τ_{pl} の関係とよく一致する (図 2)。

定常解の遠方応力の滑り速度依存性 $d\tau_{ss}/dV_{ss}$ は、断層各点での定常剪断抵抗 τ_{ss} の滑り速度微分 $d\tau_{ss}/dV_{ss}$ の空間平均で与えられる。脆性領域では τ_{ss} は滑り速度に対数的に依存する為、 $d\tau_{ss}/dV_{ss}$ は大変小さい。一方塑性領域では流動則は冪乗則の形を取り、 $d\tau_{ss}/dV_{ss}$ は低温の浅部で大きくなる。脆性塑性領域は $d\tau_{ss}/dV_{ss}$ が顕著なピークの値を取る為、 V_{pl} と τ_{pl} の関係を考える上で最も重要な領域であると言える。

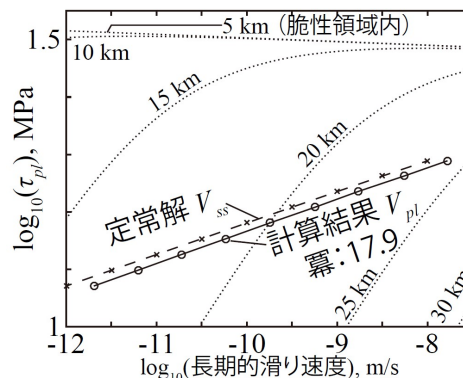


図 2 V_{pl} と τ_{pl} の関係の例。異常間隙水圧により有効垂直応力が 50MPa で頭打ちになるケース。