

浅部地殻での塑性化を考慮した地表断層と潜在断層の生成メカニズム

鉄道総合技術研究所 正会員 ○和田一範
 京都大学防災研究所 正会員 後藤浩之

1. はじめに

断層が地表に現れた地表断層と現れなかった潜在断層ではどちらが危険な地震動を生成するだろうか(図-1)。直感的には、地表まで破壊が至った地表断層の地震動の方が危ないように思える。しかし、近年の研究で明らかにされた事実はこれと逆で、建物被害に対応する1~2秒の周期帯でみると、潜在断層の方が地表断層よりも建物にとって危険な地震動スペクトル特性を持つ傾向にあると言われている。

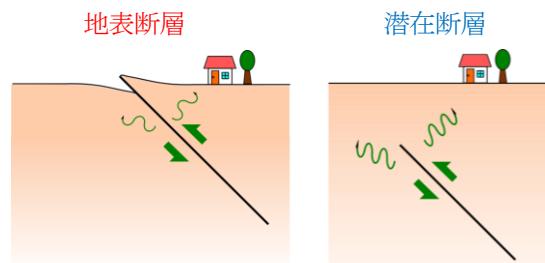


図-1 地表断層と潜在断層

Somerville¹⁾は、過去の大地震で、潜在断層と地表断層の地震動の応答スペクトルを比較すると0.3~3.0秒の周期帯で潜在断層の方が地表断層よりも大きな応答値になることを示した(図-2)。この傾向は様々な研究によって報告されているが、そもそもなぜ地表断層と潜在断層という2種類の断層形態が存在し、地震動スペクトル特性に違いがあるのかという物理的なメカニズムはよくわかっていない。これには、断層の破壊進展をより詳しい観点から捉える必要があると考えられる。

図-3に示すように断層が破壊進展する際に、断層端の極近傍は応力集中によって塑性変形することが知られている。破壊が進展して地表に到達すると地表断層となるが、地表付近(浅部地殻)の媒質は降伏しやすいことが予想されるため、塑性化の影響が無視できないと考えられる。そこで本研究では、浅部地殻での塑性化を考慮することによって、なぜ地表断層や潜在断層に成長し、なぜ異なる地震動スペクトルの特徴を生成するのかという理由について考察する。

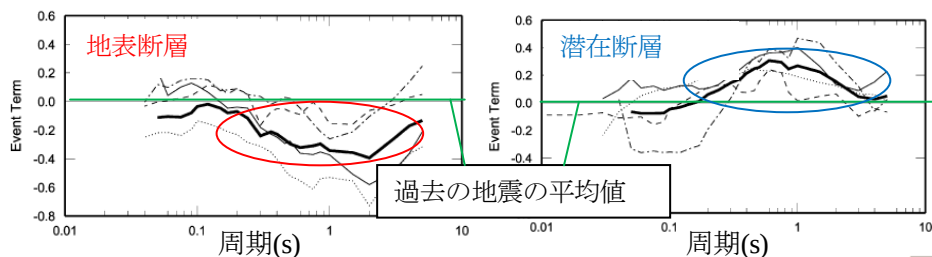
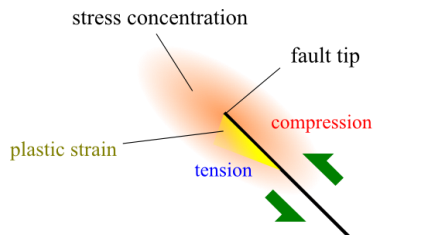
図-2 地表断層と潜在断層の地震動の応答スペクトルの比較¹⁾

図-3 断層極近傍の塑性化

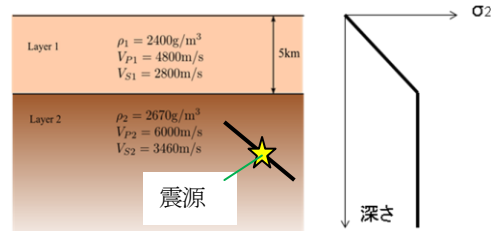


図-4 対象地盤モデルと応力の深さ分布

2. 解析モデル

解析手法には不連続変位場と弾塑性媒質の解析に長けた拡張有限要素法(X-FEM)を用いる。地盤モデルは図-4に示す二層構造を考える。深さ5 kmまでを浅層(浅部地殻)とし、媒質は完全弾塑性体とする。一方、深さ14.5 kmまでを深層とし、媒質は弾性体とする。鉛直応力は浅層では上載圧を仮定し、深層では一定とする。浅層媒質の降伏規準としてはMohr-Coulombの式を用いる。

断層破壊は摩擦構成則で表現され、静止摩擦力に達すると、滑りを伴いながら動摩擦力まで応力が降下する。浅層媒質の弾塑性構成則と断層の摩擦構成則を図示すると図-5のようになる。

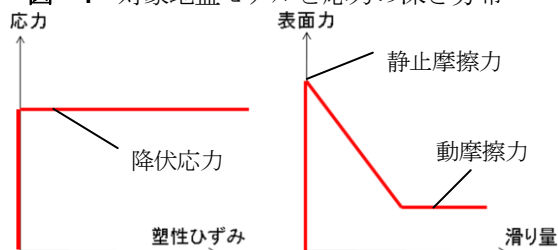


図-5 浅層媒質と断層の構成則

キーワード 地表断層, 潜在断層, 塑性化, 浅部地殻

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 TEL 042-573-7280 FAX 042-573-7369

〒611-0011 京都府宇治市五ヶ庄 TEL 0774-38-4069 FAX 0774-38-4070

3. 結果と考察

震源深さを 8 km とする caseA-8 と震源深さを 12 km とする caseA-12 の 2 ケースで解析を行う。図-6 に破壊フロントと停止フェーズの時刻歴を表す。時刻 0 秒から上下に伸びる軌跡が破壊フロントを表し、下端 14.5 km から伸びる軌跡が停止フェーズを表す。また、点線は塑性化を考慮しなかった結果である。また、図-7 は浅層媒質の塑性ひずみ分布を表している。浅層媒質が塑性化することによって破壊フロントの傾き、すなわち破壊伝播速度が低下していることが図-6 から読み取れる。また、図-6 の左図より caseA-8 は地表破壊しているが右図を見ると、caseA-12 は地表まで到達せず、破壊停止している。これは、震源が深いために断層下端からの停止フェーズの発生が早く、伝播速度が低下した破壊フロント

に間に合い停止するからである。これが地表断層と潜在断層の生成メカニズムではないかと考えられる。

次に図-8 に深さ 5 km での滑り速度時刻歴を示す。caseA-12 の方が大きなピークを持ち、立ち上がり時間が短い。これは、震源が深い caseA-12 の方がより長い距離滑って加速され、また断層下端からの停止フェーズの発生が早いために早く破壊停止するからである。

図-9 に地表面速度の水平成分の時刻歴を示す。観測点は断層上端から 2.5 km 上盤側とする。caseA-12 は継続時間が短く、ピークが大きい波形となる。これは、図-8 の滑り速度時刻歴で見られたピークと立ち上がり時間の影響によるものである。また、地表断層 (caseA-8) に対する潜在断層 (caseA-12) の加速度応答スペクトル比を求めると図-10 のようになる。スペクトル比が 1 を超えている周期帯は潜在断層の方が大きな応答値を持ち、実地震の傾向に従うことを意味する。caseA-12 と caseA-8 を比較すると、ほとんどの周期帯でスペクトル比が 1 を上回り、潜在断層の方が大きな応答値を示し、実地震の傾向と調和的であることがわかる。

参考文献

- 1) Somerville, P. Magnitude scaling of the near fault rupture directivity pulse, *Phys. Earth Planet. Int.*, **137**, 201-212.

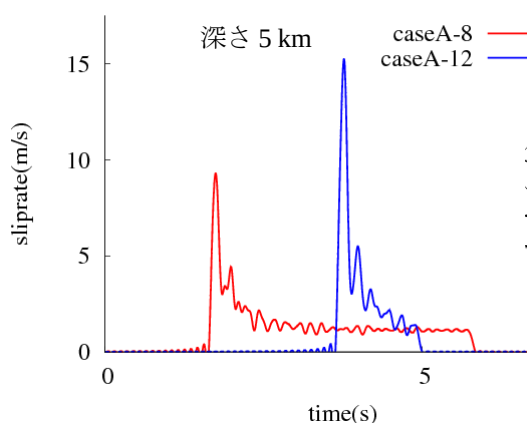


図-8 滑り速度時刻歴

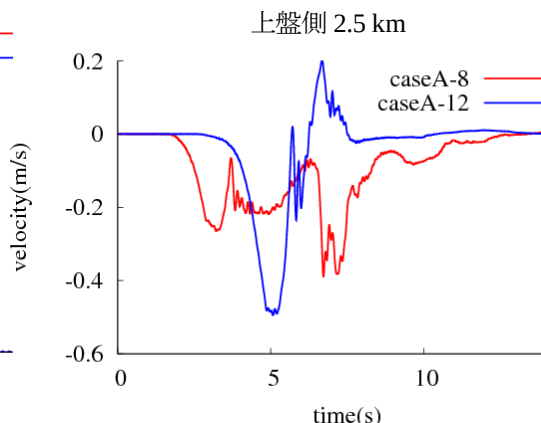


図-9 速度波形時刻歴

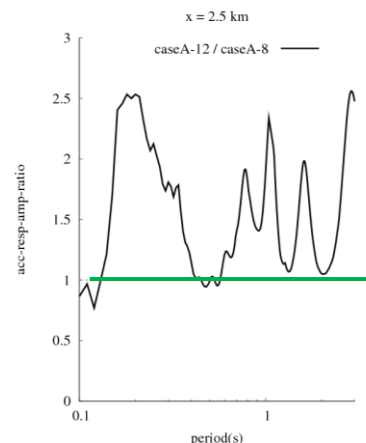


図-10 加速度応答スペクトル比

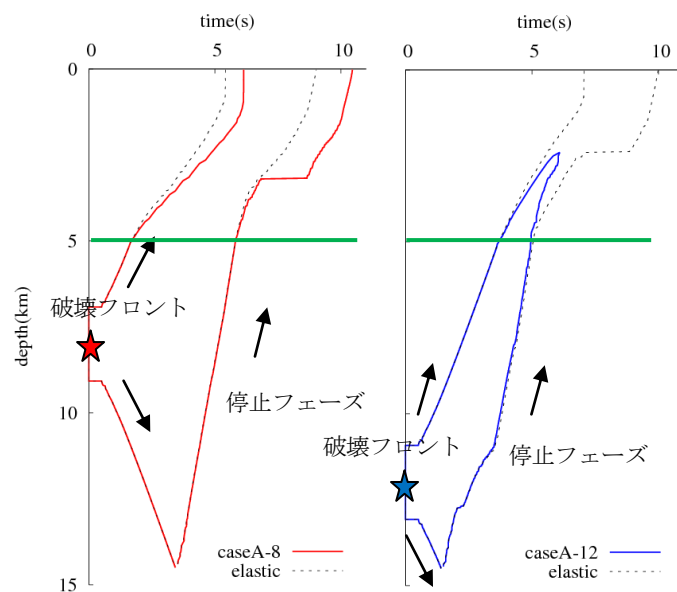


図-6 破壊フロントと停止フェーズ

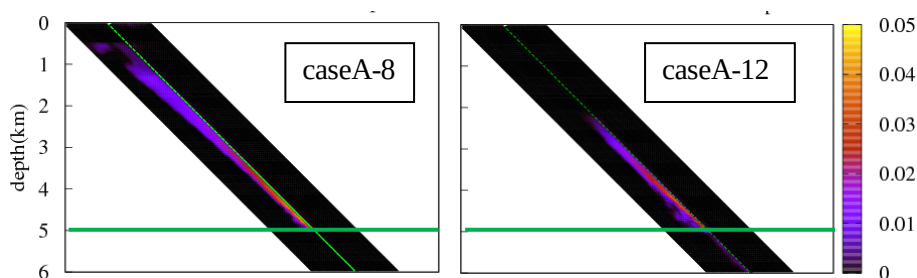


図-7 浅層媒質の塑性化