

1999年台湾・集集地震の震源モデルの検討

飛島建設 正会員 ○池田 隆明 京都大学 釜江 克宏
飛島建設 正会員 三輪 滋 京都大学 入倉孝次郎

1. はじめに

一般的に、地震動は震源近傍が最も激しく、被害もそこに集中していることが多いため、震源近傍を含む広い範囲での地震動を広い周期帯にわたり適切に予測することができれば、地震防災および災害軽減に大きな効果があると考えられる。精度の高い地震動予測のための最重要課題は震源のモデル化である。特に震源近傍の強震動は、断層面での不均質なすべり分布や断層破壊の伝播特性に大きく影響を受けるため、これらを適切にモデル化する必要がある。本報告では、震源の不均一性を考慮した震源のモデル化手法の確立を目的に、広い断層面と複雑なすべり分布を有する1999年台湾・集集地震を対象に震源モデルの特性化を行った。

2. 震源の破壊過程

台湾では中央気象局・地震センター(CWB)により強震観測網が整備され、集集地震では約400点において地震動記録が得られている¹⁾。震源域での最大加速度は300~1,000cm/s/s、最大速度は40~300cm/sである。図-1に震央位置と震源断層とされるChelungpu断層の地表トレース、および震源周辺において本震記録が得られた地震観測点を示す。関口・岩田²⁾はこれらの記録を用いて波形インバージョンを行い複雑な震源課程を示している。図-2に震源の破壊過程を示す。推定されたすべり分布は非常に不均質である。すべりの大きい領域は断層面の北側に集中しており、部分的には10mを超えるような領域も見られる。これに対して南側のすべりは小さい。破壊は主に震源から北側に広がり、北に向かうに従い東側の深い面へも広がる。

3. 検討方法

経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより震源モデルの構築を行う。震源の不均一性は、断層面上に矩形の均質なアスペリティを複数設置することにより表現する。既往の知見に従い、断層面上のすべりの大きい場所から短周期から長周期までの広帯域の強震動が生成されるとして、アスペリティの初期位置を設定する。ここでは、関口・岩田の最終すべり量分布を参考とする。断層面の北部一帯、震源の周辺にすべり量の大きい部分があり、この部分から強震動が生成されたと考えられる。

経験的グリーン関数には、9月20日18時32分(GMT)に発生したML5.07の地震による記録を使用する。フォワードモデリングでは観測波形に見られる特徴的な波形に着目し、それを再現できるようにアスペリティの位置や大きさを調整する。

断層の破壊は震源から始まり円状に伝播し、破壊の先端がアスペリティに達した後、アスペリティはそこから再び円状に破壊するとした。破壊伝播速度は2.8km/s、せん断波速度は3.5km/sとした。

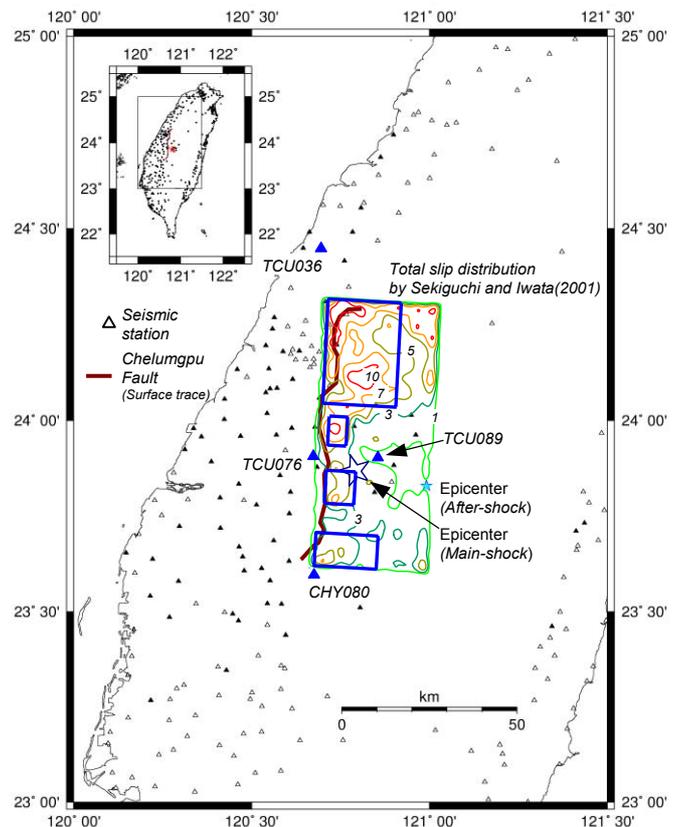


図-1 1999年台湾・集集地震の震央と震源断層および関口・岩田のすべり分布

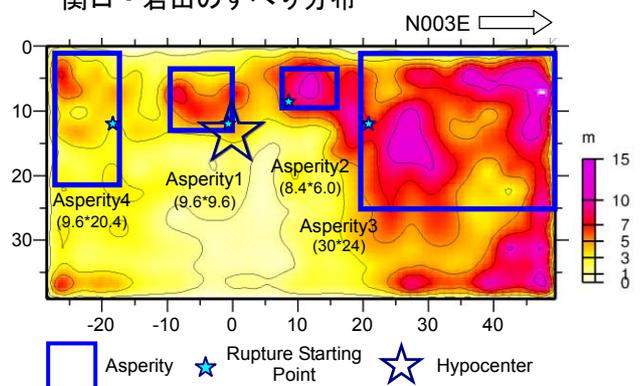


図-2 関口・岩田のすべり分布と提案する震源モデル

キーワード 集集地震 震源モデル 強震動 特性化震源モデル 不均質 経験的グリーン関数法
連絡先 〒270-0222 千葉県野田市木間ヶ瀬 5472 e-mail:takaaki_ikeda@tobishima.co.jp

4. 震源モデルと特性化

図-3に震源近傍のTCU089での本震時の加速度および速度時刻歴波形を示す。パルス状の波形は見られず、断層破壊の進行方向の反対側位置すると推定される。加速度波形には、比較的振幅の大きな範囲が3つ見られ、TCU089を囲む3地点から時間ずれを伴って波形が到達したと考えられる。そのため、震源付近に限れば震源より東側にはアスペリティはないこと、TCU089の周辺にはアスペリティは3個以上あること、が推定される。

図-2に設定したアスペリティモデルを示す。アスペリティの数は4個である。このモデルは釜江・入倉³⁾が設定した震源モデルに対して、震源の北西部に見られるすべり量の大きい領域にアスペリティを追加したものである。これにより震源近傍のAsperity1とAsperity4との間の地点での合成波形が改善された。

図-3に断層面の中央部、西部、南部、北部に位置するTCU089, TCU076, CHY080, TCU036の4地点について合成波形と観測波形とを比較して示す。TCU076では、速度時刻歴波形の初動部に見られるパルス状の波形や振幅が再現できている。TCU036はAsperity4の寄与が高いと考えられる地点である。複雑なすべり分布を有する範囲を一つのアスペリティで表現したが、継続時間や包絡形状は観測波形を概ね再現できている。

震源のモデル化手法の一つとして、特性化震源モデル⁴⁾が注目されている。この手法は、過去に発生した地震の震源モデルに基づき、震源パラメータを特性化するものである。図-4に内陸型地震における地震モーメントとアスペリティ面積との関係を示す。実線はSomerville et al.⁵⁾による経験式を示す。本検討で得られた値は、経験式に比べて少し面積が大きめであるが、ほぼこの経験式を満足していることがわかる。図-5には破壊域の面積とアスペリティの総面積との関係を示す。本検討で抽出された集集地震のアスペリティの総面積は破壊域の面積の約35%であり、既往の経験的特性(21.5%)⁶⁾に比べるとやや大きめである。断層面の南側に設定したAsperity3はそれよりも南側の観測点が少なく、アスペリティのサイズを詳細に調整できていない可能性があること、複雑な破壊過程をした断層面の北側を一つのアスペリティで設定したことなどが、アスペリティの面積を大きくした原因とも考えられる。

5. まとめ

1999年台湾・集集地震を対象に経験的グリーン関数法を用いたフォワードモデリングにより、不均質震源のモデル化を試みた。不均質震源は、断層面に矩形の均質な4つのアスペリティを配置することにより表現した。地震モーメントとアスペリティ面積との関係は、既往の経験的関係式をほぼ満足した。

一方、構築した震源モデルは複雑な破壊過程をした断層面の北部を一つのアスペリティで表現していること、南部のアスペリティサイズの調整が十分ではないなど残された課題も多い。

【謝辞】CWBの地震動記録とGMTを使用させて頂きました。

【参考文献】1)Lee, H.W.K. et al.:CWB free field strong motion data from the 921 Chi-Chi earthquake: Volume 1. Digital acceleration files on CD-ROM, Pre-publication Version, 1999.,2)関口・岩田:1999年台湾・集集地震のやや長周期(2-20秒)震源過程,活断層・古地震研究報告, No.1(2001年),2001.,3)釜江・入倉:トルコ・コジャエリ、台湾・集集地震の震源の特性化と強震動シミュレーション,第11回日本地震工学シンポジウム,105,2002.,4)入倉・他:強震動予測のための修正レシピとその検証,第11回日本地震工学シンポジウム,109,2002.,5)Somerville, P. G. et al.:Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong motion, Seism. Res. Let.,70,1999.,6)入倉・三宅:シナリオ地震の強震動予測,地学雑誌,110,2001.

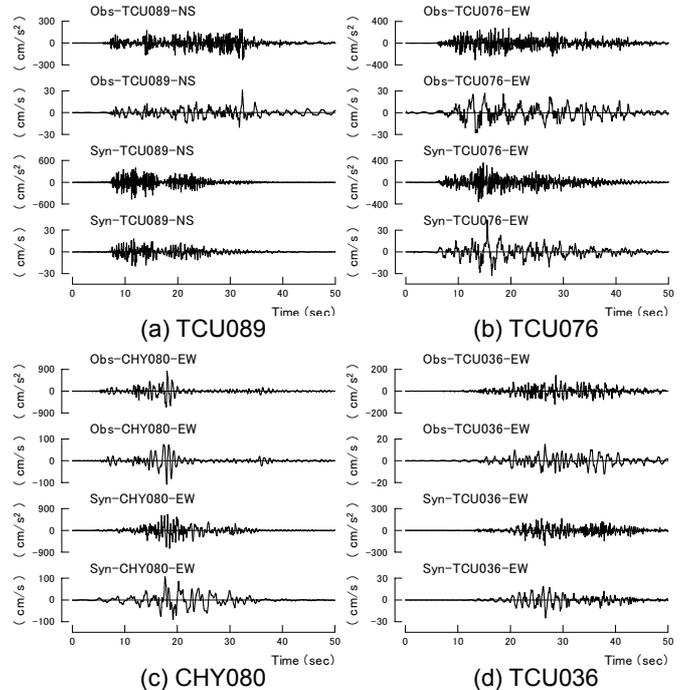


図-3 観測波形と合成波形の比較

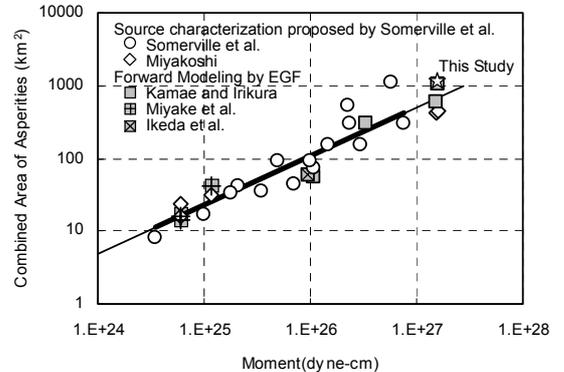


図-4 地震モーメントとアスペリティの総面積との関係

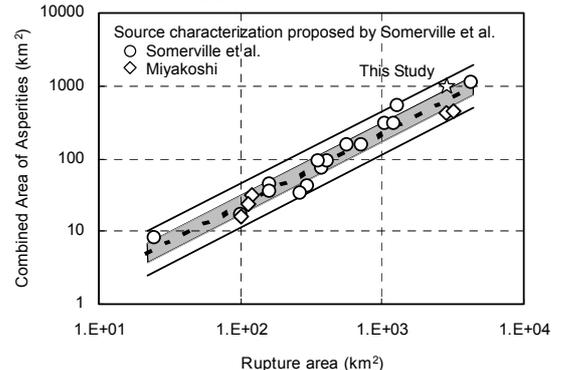


図-5 破壊域の面積とアスペリティの総面積との関係