

スペクトル確率有限要素法の地表地震断層問題への適用

茨城高専 正会員 ○中川 英則
 東京大学地震研究所 正会員 堀 宗朗

1. はじめに

表層に出現する地表地震断層の挙動を理解するには、地質学・地震学の理学的知見と地盤工学・地震工学の工学的知見が必要であり、現象の解明や被害の予測には未解決な部分が多い。地表地震断層のシミュレーションが共通の基盤となると期待されているが、地質・地盤構造や入力される断層変位のモデル化が困難なことのほか、数値解析手法が整備されていないことが現状である。このような中、本研究では地表地震断層問題の数値解析手法として、スペクトル確率有限要素法の開発、地盤問題への適用、砂箱モデル実験の再現、を通じてその妥当性と有用性を検討してきた¹⁾。本報告は、開発の一端として実際の地表地震断層の再現を試みるとともに、その妥当性を検討したものである。地表地震断層の再現においては、野島断層と台湾の車籠埔断層を取り上げた。

2. 地表地震断層のシミュレーション(野島断層)

2.1 対象地区の地盤と断層の概要

シミュレーションでは、横ずれ成分が卓越した断層の例として、野島の梨本地区を対象に取り上げた。小河川沿いにあるこの地区は、表層が粘土層と砂礫層からなる軟弱地盤である。花崗岩層は4~6[m]下に現れるため、未固結層の厚さはその程度であることが推定される。断層変位量は、右横ずれ成分0.7~1.0[m]、鉛直成分は南東側隆起となるセンスを正として-0.35~-0.40[m]であることが報告されている²⁾。

2.2 地盤構造の確率モデル

確率モデルの形状は層厚5[m]の水平層とした。左雁行断層を表現するため、確率モデルの走向方向には周期性を仮定した¹⁾。走向方向の長さを文献²⁾に基づき6[m]前後の間で変化させ、断層発生に必要な仕事を最小にすることで周期性、すなわち、左雁行断層の長さを決定した。境界条件の影響を除くため走向直角方向の長さを25[m]とした。弾性係数はN値に基づいて決定することができる³⁾。大阪層群は一般に上部でN値は20以下であり、粘土層では10前後、砂礫層では30を超えることは少ないとされる。梨本地区が粘土層と砂礫層からなることからN値を8.9と設定した。これより、ヤング率の推定式 $E=7 \times N$ [kgf/cm²] \approx 6125 [kPa]と設定した³⁾。解析モデルの物性を表1.に示す。

2.3 解析結果と考察

図1.は、基盤に一樣なずれ変位を徐々に与えた際の、周期的な雁行状断層の再現結果を示している。実際の報告²⁾でも、地表面上に雁行状断層が確認されている。次に、断層の形状パラメータ(形状、長さ、斜交角度、幅)を実測値と比較したものを表に示す。未固結層の詳細を取り込んだ高度なモデルを構築することができない以上、実際の断層進展を正確にシミュレートすることは難しい。これを前提とすると、シミュレーションによって推定された断層形状のパラメータが実測値と良好に一致していることは注目に値する。簡単な確率モデルの解析にも関わらず予測が成功した理由は、形状や材料パラメータ、そして基盤の断層変位に関して比較的良質のデータが設定されたことが挙げられる。破壊確率は、断層が地表に出現する確率であり、基盤変位の関数として与える。図2.より、基盤変位量が0.53[m]以上で確実に地表面上に到達することが分かり、実際の変位量(0.78~1.08[m])では、確実に地表面上に断層が出現する結果となった。

mean Young modulus [kN/m ²]	6125
density [g/cm ³]	2.1
Poisson ratio	0.25
friction angle [deg]	51
cohesion [kN/m ²]	38
initial compressive strength [kN/m ²]	215
initial tensile strength [kN/m ²]	27
standard deviation of Young modulus [%]	30
correlation length of Young modulus [m]	2

表1. 野島断層の解析モデルの物性

キーワード 地表地震断層, スペクトル確率有限要素法

連絡先 〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866

茨城工業高等専門学校 自然科学科 Tel. 029-272-5201

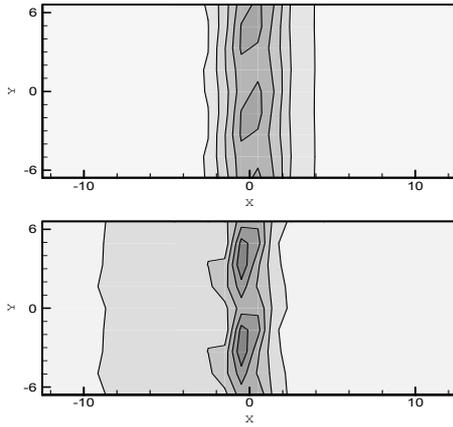


図1. 最大せん断ひずみの平均値(上)とSD(下)の分布 (断層のずれ量U=51.9cmの時)

リーデルせん断の形状	
野島断層 梨本地区	左雁行
数値解析	左雁行
リーデルせん断の斜交角度 θ_R (°)	
野島断層 梨本地区	22° ~ 35°
数値解析	25°
リーデルせん断の間隔 S_R (m)	
野島断層 梨本地区	4~6
数値解析	5.95
リーデルせん断の幅 W_R (m)	
野島断層 梨本地区	0.5~1.5
数値解析	1.41

表2. 実測データと数値計算結果の比較

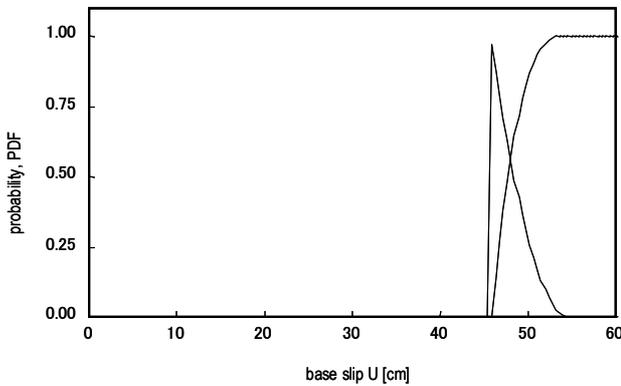


図2. 野島断層のずれ量と破壊確率

mean Young modulus [kN/m ²]	20000
density [g/cm ³]	1.6
Poisson ratio	0.25
friction angle [deg]	40
cohesion [kN/m ²]	35
initial compressive strength [kN/m ²]	150
initial tensile strength [kN/m ²]	32
standard deviation of Young modulus [%]	30
correlation length of Young modulus [m]	1

表3. 車籠埔断層の解析モデルの物性

3. 地表地震断層のシミュレーション (車籠埔断層)

3.1 対象地区と断層の概要

次に、縦ずれ成分が卓越した断層の例として台湾集集地震の際に地表に出現した、南投県草屯の近傍における車籠埔断層を例として取り上げた。草屯市街地南東約 1km において詳細なトレンチ調査が、河床からの比高約 2m の沖積段丘に形成された地震断層について行われている⁴⁾。トレンチより、礫層、細砂～砂質シルト層、表土が露出したと報告されている。断層が未固結層に入る角度は、未固結層の下部(礫層)で 60 度となっている。基盤における断層のずれ変位量は約 1.3m である。

3.2 地盤構造の確率モデル

本解析では、比較的剛な礫層をその上位の細砂～砂質シルト層(未固結層)の基盤と仮定して、Dip 角 60[deg]で逆断層が入るものとした。解析モデルは、幅 4.8m、層厚 1.2m とした。未固結層の地盤物性を表 3. に示す。

3.3 解析結果と考察

計算結果では、基盤変位量を 0.03[m]まで入力した結果、地表面にまで破壊が到達し、さらに基盤変位量を 0.045[m]まで与えた結果、完全に地表面に到達する結果となった。これは、未固結層厚のおおよそ 3.7%に相当する。この破壊条件を用いて破壊確率を断層変位の関数として計算した結果を図 3. に示す。

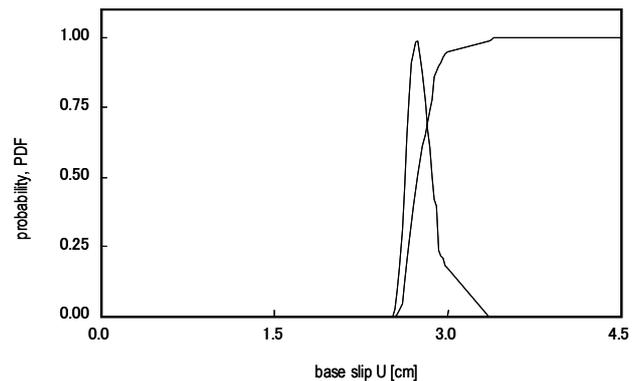


図3. 車籠埔断層のずれ量と破壊確率

4. 参考文献

- 1) 中川英則, 堀宗朗: 応用力学論文集, 2002 Vol.5, p.p573-580
- 2) 谷和夫 他: 土木学会論文集, Vol.568, III-39, p.p.21-39, 1997
- 3) 理工図書: N 値の話, 1999
- 4) 産業技術総合技術総合研究所 地質調査総合センター, 活断層・古地震研究報告第 1 号(2001)