

## 弾塑性有限変形解析による断層的破壊に伴う不規則波生成シミュレーション Simulation of irregular wave generation due to fault formation by an elasto-plastic finite deformation analysis

山田 正太郎<sup>1\*</sup>; 野田 利弘<sup>1</sup>; 浅岡 顕<sup>2</sup>  
YAMADA, Shotaro<sup>1\*</sup>; NODA, Toshihiro<sup>1</sup>; ASAOKA, Akira<sup>2</sup>

<sup>1</sup>名古屋大学, <sup>2</sup>(公財)地震予知総合研究振興会  
<sup>1</sup>Nagoya University, <sup>2</sup>Association for the Development of Earthquake Prediction

著者らはこれまでに、慣性力を考慮した水～土連成弾塑性有限変形解析コード **GEOASIA**<sup>1)</sup> を用いて横ずれ断層に伴う上部地盤のせん断帯の生成シミュレーションを行っている<sup>2)</sup>。本研究では、同解析コードを用いて、高い脆性を有する地盤を対象に、正断層および逆断層の生成と、それに伴う地震動の発生シミュレーションを実施した。この解析コードが搭載する構成式 **SYS Cam-clay model**<sup>3)</sup> は広範な土材料を同じ理論的枠組で記述する弾塑性構成式である。また、使用した解析コードは速度型の運動方程式を忠実に時間積分して運動を求める動的問題にも対応可能なコードであり、せん断帯発生に伴う波動生成や波動伝播も再現可能<sup>4),5)</sup>である。この特徴を活かし、今回は特に、断層破壊に伴う振動の発生に着目して解析を行った。平面ひずみ条件下で、解析断面側方から変位制御により地盤を圧縮したところ、ひずみの局所化に伴う進行性破壊現象として逆断層的な破壊が発生した(図1)。この破壊は加速度的に進行し、それに伴って地盤内に振動が発生した。この際、非破壊領域に蓄えられた弾性エネルギーが一気に解放されることを確認した。水平成層地盤を対象にした解析では、破壊が急速に進行するため、初動で最大加速度に達し、その後指数関数的に減衰する人工地震と同様な特徴を持った振動が発生した(図2)。一方で、ランダムな初期不整を与えた地盤では、大きな破壊イベントの中に小さな破壊イベントが幾つも存在することに起因して、自然の地震波にも似た不規則な振動が発生した(図3)。なお、解析断面側方から変位制御により地盤を伸長した場合には、正断層的な破壊が生成され、やはりランダムな初期不整を有する地盤では、不規則な振動が発生した。

1) Noda, T., Asaoka, A. and Nakano, M. (2008): Soil-water coupled finite deformation analysis based on a rate-type equation of motion incorporating the SYS Cam-clay model, *Soils and Foundations*, **48(6)**, 771-790.

2) 野田利弘, 山田正太郎, 浅岡顕, 川合裕太 (2014): 横ずれ断層に伴う上部地盤のせん断帯発生の数値シミュレーション, 日本地球惑星科学連合大会 2014 年大会, SSS31-08.

3) Asaoka, A., Noda, T., Yamada, E., Kaneda, K. and Nakano, M. (2002): An elasto-plastic description of two distinct volume change mechanisms of soils, *Soils and Foundations*, **42(5)**, 47-57.

4) Noda, T., Xu, B. and Asaoka, A. (2013): Acceleration generation due to strain localization of saturated clay specimen based on dynamic soil-water coupled finite deformation analysis, *Soils and Foundations*, **53(5)**, 653-670.

5) 浅岡顕, 山田正太郎, 野田利弘 (2013): 地表面載荷による地盤の破壊現象と破壊に伴う振動の発生に関する数値解析, 日本地球惑星科学連合大会 2013 年大会, SSS28-18.

キーワード: 正断層, 逆断層, 地震波, ひずみの局所化, 慣性力, 弾塑性体

Keywords: natural fault, reverse fault, seismic wave, strain localization, inertial force, elasto-plastic body

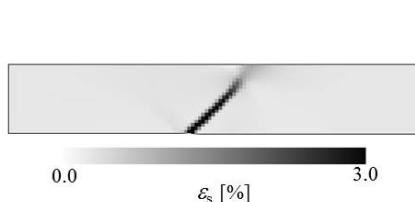


図1 逆断層の破壊発生時のせん断ひずみ分布

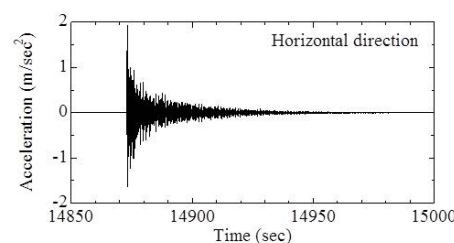


図2 水平成層地盤において発生した振動

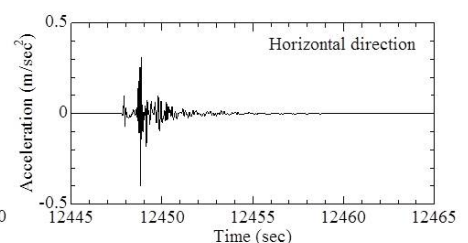


図3 ランダムな初期不整を有する地盤において発生した振動