

個別要素法による断層周辺地盤の地盤変状に関する数値実験

東京大学大学院 正会員 本多 剛
 東京大学大学院 正会員 東畑 郁生

1. はじめに

断層運動に伴う地盤変状によって断層周辺の地上及び地中構造物が大きな被害を受けることが懸念されており、その対策が必要とされている。しかし、日本の都市部のように平野部にある地域では、断層運動が生じる基盤上に数十メートルにおよぶ軟弱な表層地盤が堆積しており、この表層地盤が基盤の断層運動によってどの程度変形するのかを予測することは難しい。そこで、断層運動に伴う表層地盤の変形メカニズムと影響範囲について検討するために、個別要素法による未固結性の軟弱表層地盤の変形挙動に関する数値実験を行った。

2. 解析条件

図1に解析領域を示す。解析領域を幅120m、深さ約20mとし、底面境界の片側を所定方向に移動させることで基盤の断層運動を再現している。初期地盤は、10cm～50cmの正規曲線の粒径分布をもつ30,000個の要素をランダムに配置して自由落下によって堆積させた。その後100kPaのサーチャージを与えて地盤を圧縮し、0kPaまで除荷した。本解析に用いたパラメータを表1に示す。解析事例は、所定方向に境界cdを隆起させた正断層(隆起)、境界cdを沈降させた逆断層(沈降)、境界abを隆起させた逆断層(隆起)の計8ケースである。表2に解析事例を示す。基盤の断層変位は表2の所定方向に1秒間に2m移動させることで再現している。境界条件は底面境界をnon-slip条件、側方境界をnon-friction条件とし、側方境界は断層地点から十分離れることから水平方向の変位を与えないものとした。また、断層変位後に10秒間放置したものを地盤の最終変形状態とした。

3. 解析結果

図2と図3に最終変形時の地表面の水平変位及び鉛直変位を示す。水平変位を見ると、底面境界の右側cd(図1)を隆起させた正断層(NFU90, NFU45)では、断層地点を挟んで約40mの範囲にわたって地盤が左側に移動している。また変位分布が正規分布曲線に近いことから、水平方向のひずみは正規分布曲線の変曲点で最大となり、断層から離れた地点においても水平ひずみの発生による構造物への影響が懸念される。一方、逆断層では断層変位の方向に関係なく、断層地点

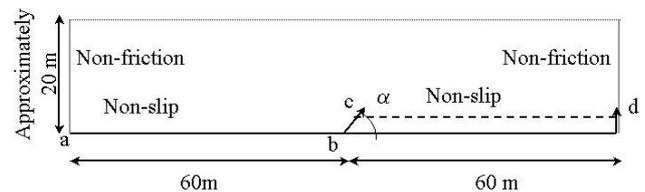


図1 解析領域

表1 解析パラメータ

土粒子密度	2.7x10 ³ kg/m ³		
平均半径	0.15 m		
最小半径	0.05 m	最大半径	0.25 m
k _n	9.5x10 ⁷ N/m	k _s	2.4x10 ⁷ N/m
η _n	1.1x10 ⁴ N·s/m	η _s	2.7x10 ³ N·s/m
c'	0.0N	φ'	30.0(deg.)
要素数	30,000		

表2 解析事例(L120シリーズ)

Test Code	α (degree)		
NFU90	正断層	隆起	90
NFU45	正断層	隆起	45
RFD30	逆断層	沈降	30
RFD45	逆断層	沈降	45
RFD60	逆断層	沈降	60
RFU30	逆断層	隆起	30
RFU45	逆断層	隆起	45
RFU60	逆断層	隆起	60

キーワード：個別要素法、断層

連絡先：〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1 TEL:03-5841-6137 FAX:03-5841-8504

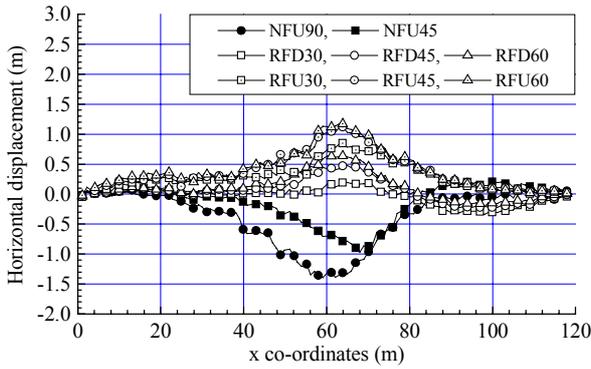


図2 最終変形時の水平変位

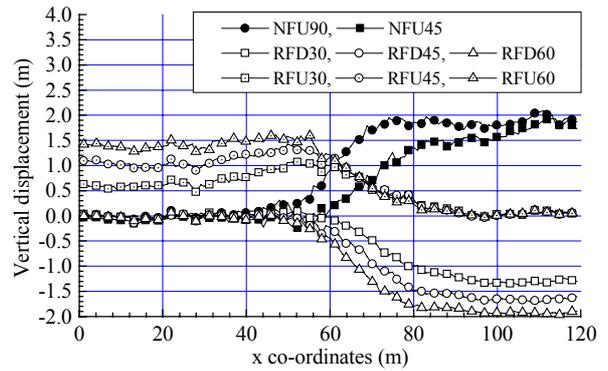


図3 最終変形時の鉛直変位

を中心とする正規分布形状となっている。また逆断層（沈降）、逆断層（沈降）のそれぞれの中で水平変位量を比較すると、断層変位の方向が鉛直に近いものほどその値が大きく、基盤の水平変位量とは逆の関係になっている。これは、断層変位の方向が水平に近いと変形が地表面に達するまでに分散するため基盤の水平変位の影響が地表面に現れ難くなっていることと、逆断層では地盤内に水平方向の圧縮力が作用するためせん断変形が抑えられたのではないかと考えられる。

次に鉛直変位を見ると、正断層（隆起）と逆断層（沈降）では、断層地点から約 20m の範囲にわたって変位勾配が生じている。また逆断層（隆起）の 30°、45° のケースでは断層付近で盛り上がりを生じている。鉛直変位量は基盤の移動量に応じて変形が生じている。

最後に図 4-7 に NFU90、NFU45、RFD45、RFU45 の最終変形時の最大せん断ひずみ分布を示す。これらの図において基盤を隆起または沈降させた領域で局所的にせん断ひずみが発生しているが、変形が連続的に生じている領域に着目すると、正断層では断層の方向に大きく変形が集中し、また断層の左側にも若干の変形の集中が見られる。逆断層のケースでは、正断層に比べて断層周辺の変形が地表面まで伝わっていないことが分かる。この要因として、逆断層では断層周辺において水平方向の圧縮力を受けるためにせん断変形が抑制されたことと、体積圧縮によってせん断変形が吸収されていくことが考えられる。

4. まとめ

本解析から、正断層では断層を挟んで両側にせん断変形が発生し、逆断層では断層方向のみに変形が集中した。この違いの要因は、逆断層では断層周辺におい

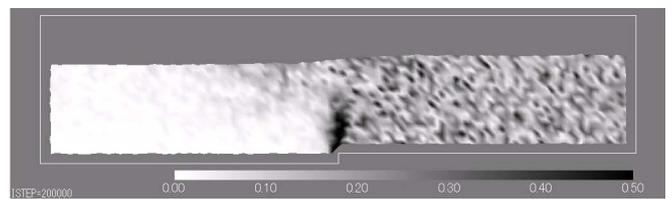


図4 最終変形時の最大せん断ひずみ分布(NFU90)

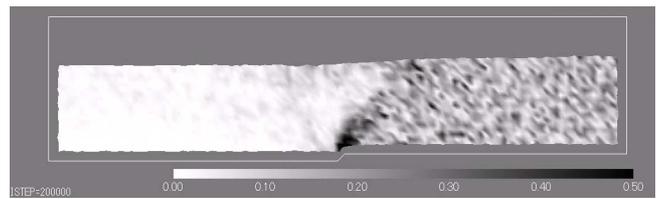


図5 最終変形時の最大せん断ひずみ分布(NFU45)

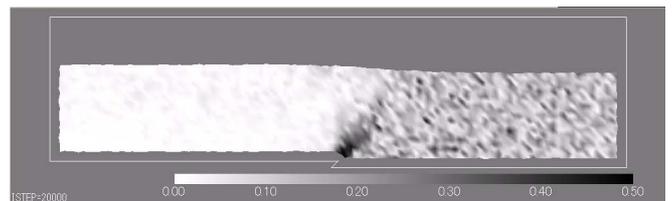


図6 最終変形時の最大せん断ひずみ分布(RFD45)

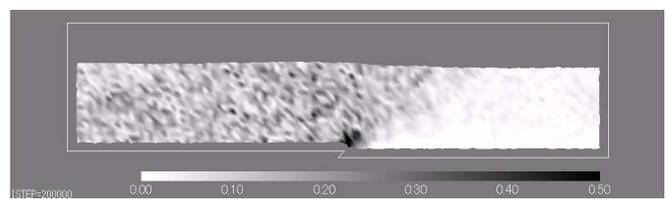


図7 最終変形時の最大せん断ひずみ分布(RFU45)

て水平方向の圧縮力を受けるため変形が生じにくいことが考えられる。