

(Ⅲ-68) 逆断層が砂層表面の変形に及ぼす粒径の影響に関する FEM 解析による検討

横浜国立大学大学院

○学生会員 宮坂 淳

(株)構造計画研究所

内山不二男

横浜国立大学大学院工学研究院

正会員

谷 和夫

1、はじめに

1999年に起こった台湾の集集地震では、地震動だけでなく地表地震断層（地表面の変形）により多くの土木構造物が被害を受けた。現在この災害に対する対策は、あらかじめ地表地震断層が想定される場所に対する立地規制だけだが、鉄道や道路などの線状の土木構造物は、地表地震断層が発達する場所を全て避けることは難しい。そこで、地表地震断層が想定される場所をあらかじめ地盤改良する対策を提案した（谷・小山，2001）。その1つとして、粒径が大きい地盤材料による置換工法が考えられる。粒径が大きい地盤材料に発達するせん断層の幅は広く、同じずれ変位に対してせん断層内部のせん断ひずみが小さく、結果的にせん断層が発達しにくくなる効果が期待される。本研究では、砂層を表層地盤とした逆断層模型実験を想定して FEM 解析を行い、表層地盤の粒度が地表地震断層の挙動に及ぼす影響を検討した。

2、FEM 解析の方法（谷，1994）

2.1 砂層の物性値

解析に用いた砂層の物性値は、豊浦標準砂の平面ひずみ圧縮試験のシミュレーションにより決定した。またジョイント要素の垂直剛性 K_n とせん断剛性 K_s は、そのジョイント要素と同じ深さの平面ひずみ要素の剛性と等価とした。

2.2 解析モデル

解析対象とした砂層は、平面ひずみ要素の領域は長さが 390cm、層厚 H が 400mm で、傾斜角度が 45° の逆断層を想定したモデルで計算した（図 1）。境界条件は、強制変位を与える上盤側（右側）の側面は鉛直ローラー支持とし、強制変位を与えない下盤側（左側）の底面は固定境界、側面は鉛直ローラー支持とした。せん断層を表わすジョイント要素の配置は、剛完全塑性仮定に基づく理論的解析手法（谷，1995）により決定した。

せん断層の幅が粒径の 10~20 倍という効果を、ジョイント要素の厚さ t （1 mm，2 mm，20 mm，50 mm）を変えることで表現した。

2.3 実験方法

初期応力解析を行った後、上盤側（右側）の砂層の底盤に、鉛直方向に v ，水平方向に $u=v/\tan 45^\circ$ の強制変位を与えて断層変位を模擬した。そして $v=10$ mm，20 mm，30 mm の段階の計算結果について、地表面の最大傾斜・段差を計算した。図 2 はジョイント要素の幅が 2 mm で鉛直強制変位

$v=30$ mm を与えた変形前と変形後を示した図であり、点線が変形前、実線が変形後を示している。地表面の段差

キーワード：FEM，粒径，断層，変形

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5 Tel 045-339-4030

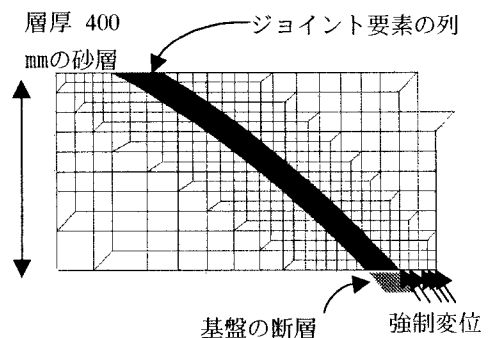


図 1 $t=50$ mm の解析モデル

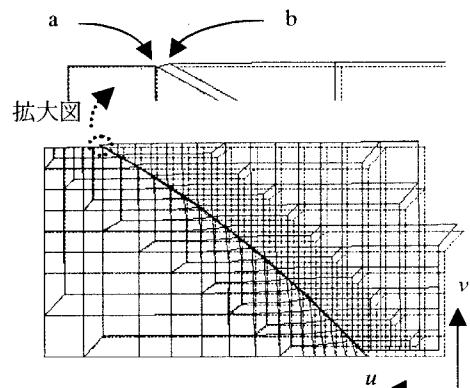


図 2 $t=2$ mm のケースで、 $v=30$ mm の変形

は、図2に示すジョイント要素を構成する上端2節点aとbの変形後の鉛直座標の差 Δh_j とした。

3. 解析の結果

3.1 地表面の段差（せん断層のずれ）の検討

ジョイント要素の相対的な厚さ t/H と地表面の鉛直段差 $\Delta h_j/H$ の関係を図3に示す。 $v=10\text{mm}$ では t による変化は見られなかったが、 $v=20\text{mm}$ 、 30mm では $t/H=1/400$ を除いて t が厚くなるにつれて Δh_j が小さくなっている。また $t/H=2/400 \rightarrow 20/400$ の区間では、 $v=20\text{mm}$ では Δh_j は減少していたが、 $v=30\text{mm}$ ではほとんど変わらない Δh_j となった。しかし $t/H=20/400 \rightarrow 50/400$ の区間では、 Δh_j は減少していた。これらの事から、ジョイント要素の厚さ t を大きくすると、即ち粒径の大きい材料を地盤材料として用いると、段差が低減できる効果があることが分かった。

3.2 撓曲地形の傾斜の検討

平面ひずみ要素の地表面の最大傾斜角 $\theta_{\max}$ とジョイント要素の相対的な厚さ t/H の関係を図4に示す。 $t/H=1/400$ を除いてジョイント要素が厚くなるほど最大傾斜角は大きくなることがわかる。つまり粒径の大きい材料はその近傍の撓曲地形の傾斜を大きくする効果がある。また、最大傾斜角が発生している場所はジョイント要素に隣接する上盤側の平面ひずみ要素である。前節に示すように、せん断層が厚くなるにつれて地表面の段差（せん断層のずれ）が小さくなることを考え併せると、ジョイント要素に発生する変形は t が大きくなるにつれて小さくなり、その代わりに周辺の地表面の撓曲変形が大きくなっているのだと考えられる。

4. まとめ

断層変形問題に関して、未固結被覆層（地表の砂層）の粒度の影響を、発達するせん断層の厚さの影響に置き換え、ジョイント要素を利用した FEM 解析を行って検討した。その結果、砂層の粒度が粗いと地表面の段差（せん断層のずれ）が小さくなり、逆にその近傍の撓曲地形の傾斜が大きくなることが分かった。これは、粒径の大きい地盤ではせん断層が厚いために同じずれに対して、せん断層内部のせん断ひずみが小さく、その結果としてせん断層の発達（変形の局所化）が抑制されるためと推測される。

本研究の実行にあたり(株)構造計画研究所の宮本泰志氏、大波正行氏、半田あゆみ氏に御指導いただいた。末筆ながら謝意を表します。

5. 参考文献

- 1) 谷和夫, 小山良浩:横ずれの地表地震断層における未固結被覆層のせん断層の構造分析と土木構造物に対する被害低減方策の提案 日本応用地質学会平成13年度研究発表会, 2001.
- 2) 谷和夫:ジョイント要素を用いた FEM による逆断層の模型実験のシュミレーション 地盤の破壊とひずみの局所化に関するシンポジウム, pp77-87, 1994.
- 3) 谷和夫:基盤の断層変位に伴う砂層内の不連続面の形状と位置(第3報) 第30回土質工学研究発表会, 土質工学会, pp1247-1250, 1995.

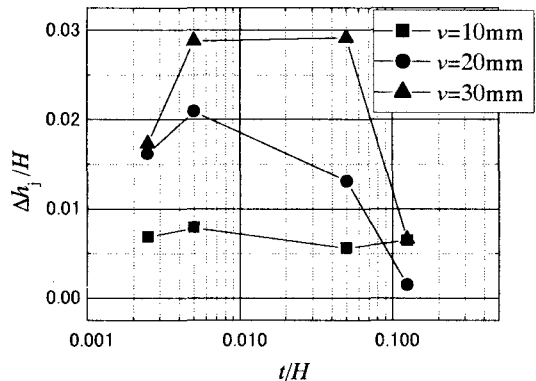


図3 地表面の段差とジョイント要素の厚さ

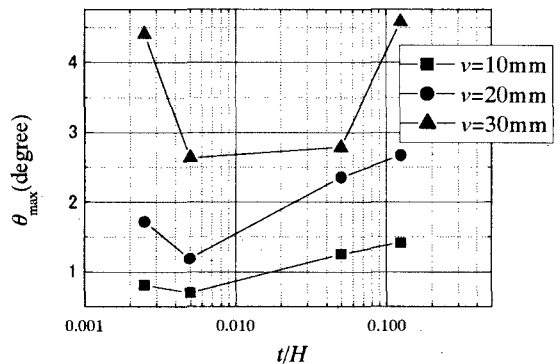


図4 地表面の最大傾斜角とジョイント要素の厚さの関係