

I - 1

縦ずれ断層のせん断帯発生特性に及ぼす境界条件の影響

東北大学工学部

○学生員 轟 俊太郎

東北大学大学院工学研究科

正員 岩熊 哲夫

1. はじめに

地震に伴う縦ずれ断層による地表面の変位によって構造物が破壊される被害が起こっている。この被害の対策として地盤改良工法¹⁾が提案され、実験²⁾も行われている。これは表層地盤を、圧縮性の高い軽量地盤材料などによりなる吸収層と剛な平滑化層に置き換え、局所的なせん断変形からなる地盤のずれを緩やかな傾斜に変換する方法である。実験²⁾では、吸収層にEPS(発泡スチロール)を、平滑化層に軟鋼を用いている。せん断帯の抑制・緩和には変形の局所化を知ることが重要であるため、本研究では構成則に局所変形の発達過程をよく予測しているモデル³⁾を用いて、この地盤改良が地表面の挙動や地盤内部の応力状態に及ぼす影響を数値解析する。

2. 解析モデル

解析対象は、活断層上の堆積層である(図-1)。地盤材料のみの場合に発生した連続方向のせん断帯の地表面到達位置 W/H を求め、その位置を基に表層地盤をEPS及び剛板で置換した3種類のモデルについて解析し緩和効果の比較を行う。各モデルの概要を図-2、図-3、図-4に示す。ここでモデルAは剛板のみ、モデルBは剛板とEPSの二層構造の場合である。またモデルBの番号は、1がEPSを長方形に、2がEPSを逆台形形状に配置したものである。これらのモデルを用いて地盤改良の効果の検討を行う。また剛板の厚さ h_{st} 、EPSの厚さ h_{eps} の影響についても検討する。ここでは長さ $L_{st} = L_{st,eps} = 90\text{cm}$ とし、 $X=90 \sim 180\text{cm}$ の位置に設置した。

3. 各材料の材料定数と各パラメータの設定

地盤材料については、文献³⁾において断層変位による地盤材料の変形の局所化を比較的良く予測できていることから、同様のパラメータを設定した。剛板には実験で使用された軟鋼SS400のパラメータを用い、EPSは緩衝効果を生む5～50%のひずみ領域の応力-ひずみ関係を参考にオーダ的に近い値を選んだ。

4. 解析対象領域と境界条件の設定

本解析で用いた解析対象領域を図-5に示す。境界条件は、左側半分の底面は断層の傾斜角 $\theta = 30^\circ$ 方向に

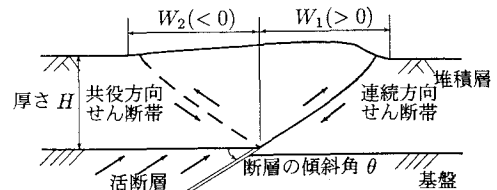


図-1 断層変形問題の概要

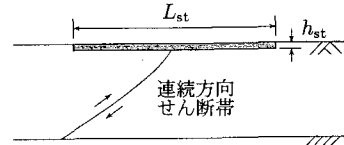


図-2 モデル A

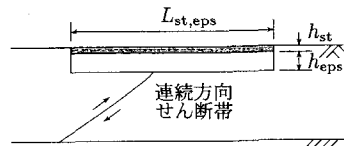


図-3 モデル B-1

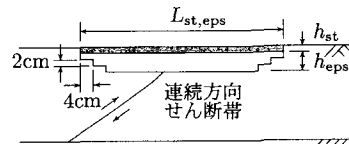


図-4 モデル B-2

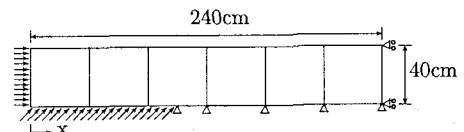


図-5 解析対象領域と境界条件

強制変位を与え、左側面は左側半分の底面に与えた水平変位と等しい大きさの強制水平変位を与えた上で、鉛直方向にはローラー支持とし、活断層のずれを表現した。強制変位を与えない右側半分の底面は固定し、側面は水平方向には固定で鉛直方向の変位を自由とした。

5. 解析結果

図-6は地盤材料のみ、図-7はモデルAの相当残留ひずみ分布である。地盤材料のみの場合、せん断帯の地表面到達位置に大きなひずみが発生しずれが生じている。モデルAは、二層構造と比べ剛板下でのひずみレベルが小さく応力が分散されず剛板の左端部に大きな応力が発生している。



図-6 地盤材料のみ



図-8 モデル B-1, $h_{st} = 2\text{cm}$, $h_{eps} = 10\text{cm}$



図-10 モデル B-2, $h_{st} = 4\text{cm}$, $h_{eps} = 10\text{cm}$



図-7 モデル A, $h_{st} = 2\text{cm}$



図-9 モデル B-2, $h_{st} = 2\text{cm}$, $h_{eps} = 10\text{cm}$



図-11 モデル B-2, $h_{st} = 2\text{cm}$, $h_{eps} = 2\text{cm}$

(1) EPS の形状による影響

EPS の形状による影響を検討する。図-8 はモデル B-1, 図-9 はモデル B-2 のコンター図である。EPS を長方形に配置したモデル B-1 では、EPS の四隅に応力集中を受け、そこに大きなひずみが生じ剛板を押し上げるかたちとなっている。一方、EPS を逆台形形状に配置したモデル B-1 では、応力が分散し、剛板の浮き上がりを抑えている (図-12)。

(2) 剛材の厚さによる影響

剛板の厚さ h_{st} を $h_{st}=2, 4, 6\text{cm}$ と変化させる。 $h_{st}=2, 4\text{cm}$ の場合を図-9, 図-10 に示す。ここで、EPS は $h_{eps}=10\text{cm}$ と固定している。変形を代表する量として、変形によって剛板に発生した要素単位での傾斜角の最大値 G_{max} を用いる。剛板を厚くするほど変形量が小さくなり剛板の変形がなだらかになっていることがわかる (図-13)。また、剛板が厚いときほど、局所的な変形が EPS によって広げられ、地表面の傾斜が広範囲に生じる。

(3) EPS の厚さによる影響

EPS の厚さ h_{eps} を $h_{eps}=2, 10, 18\text{cm}$ と変化させる。ここで EPS の形状は逆台形形状として、 $h_{st}=2\text{cm}$ と固定している。 $h_{eps}=2, 10\text{cm}$ の場合を図-11, 図-9 に示す。EPS を厚くすることによって剛板の傾斜角は低減される (図-14)。

6. 終わりに

EPS は緩衝効果のみでなく逆台形形状に配置することにより剛板端部への応力集中を防ぐ効果もある。剛板の厚さによって地表面の傾斜を緩やかにすることができる。剛板が厚いときほど局所的な変形が EPS によって広範囲に広げられる。

参考文献

- 1) 谷和夫：岩盤の表面ないし内部に立地する構造物を地表地震断層から守るために地盤を改良する工法の提案、第 32 回岩盤力学に関するシンポジウム, pp.101-106, 2003

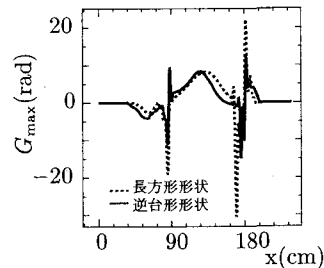


図-12 EPS の形状が及ぼす剛板端部への影響

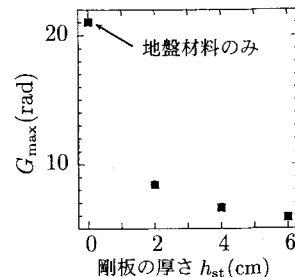


図-13 剛板の厚さが及ぼす剛板の変形への影響

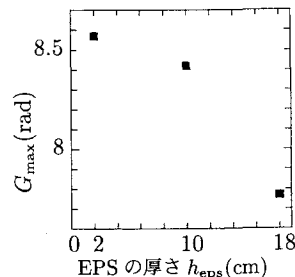


図-14 EPS の厚さが及ぼす剛板の変形への影響

- 2) 東海林寛, 金谷守, 谷和夫：EPS を利用した縦ずれ断層による地盤変形を緩和する地盤改良工法に関する模型実験, 第 38 回地盤工学研究発表会, pp.2180-2181, 2003
- 3) 白戸真大, 岩熊哲夫：微視すべりを組み込んだ構成モデルその大变形問題への適用, 土木学会論文集, No.598/I-44, pp.257-268, 1998.