

1、はじめに 1999年に相次いで起こったトルコのコジャエリ地震、台湾の集集地震でも明らかになったが、地震動だけでなく地表地震断層のずれによって、土木構造物が被害を受ける問題が注目されるようになってきている。断層運動の種類は、縦ずれ、横ずれ、斜めずれに分類され、変形構造が2次元となる縦ずれ断層に関しては基本的な検討がなされているが¹⁾、横ずれ断層は3次元な変形構造となるために検討が困難でその性状やメカニズムは未だ解明されていない。

こうした現状を踏まえた上で、横ずれ断層模型実験の既往の実験結果²⁾に最近実施した実験結果も加え、横ずれ断層による未固結被覆層の変形構造を検討した。本論文では、砂地盤上の表層に発達する変形構造のうち、砂層の厚さが地表面のせん断層の形状(発達する方向)、大きさ、出現に必要な断層変位量に及ぼす影響(寸法効果)について分析した結果について報告する。

2、模型実験の概要

○**模型地盤** 試料には、気乾状態の豊浦標準砂(土粒子の密度 $\rho_s=2.625\text{g/cm}^3$ 、平均粒径 $D_{50}=0.17\text{mm}$ 、含水比 $w=0.105\sim0.150\%$)を用いた。厚さ10mmごとに砂を敷き均しパイプライターで締め固め作業を繰り返す方法(間隙比 $e=0.65$ 、密度 $\rho_t=1.59\text{g/cm}^3$)と、空中落下法(間隙比 $e=0.66$ 、密度 $\rho_t=1.59\text{g/cm}^3$)により、均質で密な地盤を作製した。

○**実験方法** 寸法効果の検討をするため層厚 H を30、50、70、90、120、150、200、400mmと8ケースに変化させ、合計11回の実験を行った。実験装置は、土槽底部(基盤に相当)で二つのブロックに分割されていて、一方のブロックを分割面に沿って相対的に水平移動させることにより、基盤の横ずれ断層変位を発生させる。断層変位量をダイヤルゲージで確認しながら静的に制御し、地表面の変形構造をスケッチおよび写真撮影により任意の変位段階で記録した。スケッチでは特にせん断面の形状、位置関係、ずれのセンスなどに着目し、実験終了後に写真との比較を行い記載の確認を行った。

3、検討結果

3-1 横ずれ断層によって形成されるせん断モードの発達

過程(図1参照) 初めに断層の走向に低角度で斜交する直線状のせん断層が、断層線上にほぼ等間隔に分布(雁行配列)するリーデルせん断(Riedel shear)が発生する。底盤の断層変位量に伴いリーデルせん断の両端部はさらに外側に向かって発達し、断層線と平行もしくは若干斜交するスプレーせん断、アウターせん断を伴うようになる。その後、隣接するリーデルせん断間の断層のほぼ直上に、断層線の走向とさらに低角度(正号、負号)で斜交する2種類のせん断層が発生する。これらは、それぞれ低角リーデルせん断(Lower-angle Riedel shear)、Pせん断(P shear)と呼ばれる。さらに断層変位量が増大すると、断層の走向に対して高角度で斜交する短いせん断層群(共役なリーデルせん断)が発達する。このせん断層に沿うせん断層変位は、断層のずれ変位とは逆のセンスを示す。

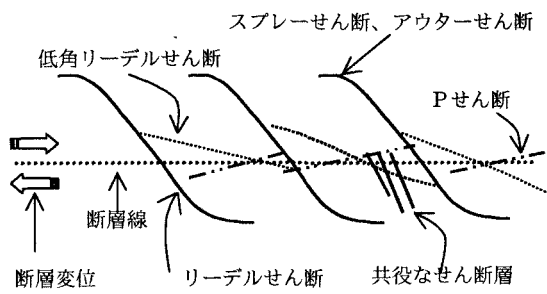


図1 横ずれ断層による地表面のせん断モード(概念図)

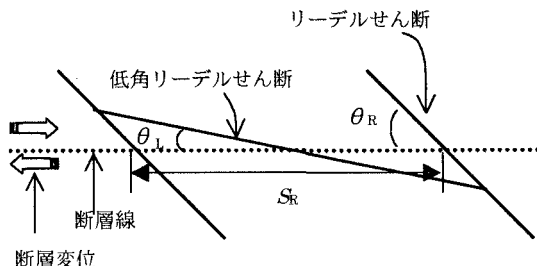


図2 検討した計測パラメータの定義

3-2 検討項目 図1に示す網目状のせん断層から構成

キーワード：横ずれ断層・模型実験・寸法効果・未固結被覆層・変形構造

〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台7-9-5 Tel 045-339-4030

される変形構造に関して、その形状、大きさ、出現に必要な断層水平変位量 ΔDh について砂層の厚さ H の影響(寸法効果)を検討した。形状(発達する方向)については、リーデルせん断と低角リーデルせん断が断層の走向と斜交する角度 (θ_R & θ_L) を、大きさについてはリーデルせん断の間隔 S_R を図2に示すように定義した。

3-3 せん断層の変形構造の寸法効果

○リーデルせん断と低角リーデルせん断の斜交角度と層厚の関係(図3-a 参照) リーデルせん断の斜交角度 θ_R は、層厚 H に依らず表層が平面応力状態であるという条件のもとで求められた理論値³⁾($20^\circ \sim 30^\circ$)とほぼ一致した。また、低角リーデルせん断の斜交角度 θ_L についても、層厚 H に依らずリーデルせん断間の圧縮ブリッジにおいて最大主応力方向が時計回りに角度約 15° 回転した時に低角リーデルせん断が発達するという条件のもとで求められた理論値($5^\circ \sim 15^\circ$)とほぼ一致した。これにより、横ずれ断層における一次、二次せん断モードの発達する走向を規定するメカニズムに関しては、層厚寸法効果が見られないことが分った。

○リーデルせん断の間隔と層厚の関係(図 3-b 参照) リーデルせん断の間隔 S_R を層厚 H で無次元化した値は $0.8 \sim 5$ の範囲でばらついているが、 S_R は断層線上の内部覆瓦構造の間隔 S_0 (約 120mm)の整数倍を選択的に選んで発生することが西・谷(1997)²⁾によって示されている。

$$S_R = n \cdot S_0 \quad (n=1.2.3 \cdots)$$

$H \leq 120\text{mm}$ では、 $n=1$ の線に沿ってデータが分布し、層厚 H が大きくなるに従って大きい n の値が選択されている事が分る。よって H の値が小さい値では寸法効果が著しいが、 H が大きくなるに従ってその効果は小さくなる傾向が確認できた。

○せん断モードが発達するのに断層水平変位量と層厚の関係(図3-c参照) 各せん断モードとも層厚が大きいほど相対的に少ない変位量で地表に出現する。これによりせん断モードが発達するのに必要な断層水平変位量には顕著な寸法効果があることが分った。この現象は、縦ずれ断層模型実験の検討結果と調和的である。⁴⁾

4.まとめ 横ずれ断層模型実験における砂地盤上の表層に発達する網目状のせん断層から構成される変形構造に関して、せん断モードの発達する走向を規定するメカニズムは砂層の厚さ H による寸法効果はなく、大きさや発達に必要な断層水平変位量は寸法効果の影響を受けることが分った。今後、これらのデータと実地調査のデータを比較・外挿することにより、横ずれ断層近傍の地震断層の構造を明らかにしたい。

参考文献：1) 渡邊・谷(2000) 第35回地盤工学研究発表会, pp.2239~2240 2) 西・谷(1997) 第31回地盤工学研究発表会, pp.1539~1540 3) 谷・他(1997) 土木学会論文集, III-39, pp.21~39 4) 鬼塚・他(1994) 第29回土質工学研究発表会, pp.1359~1361

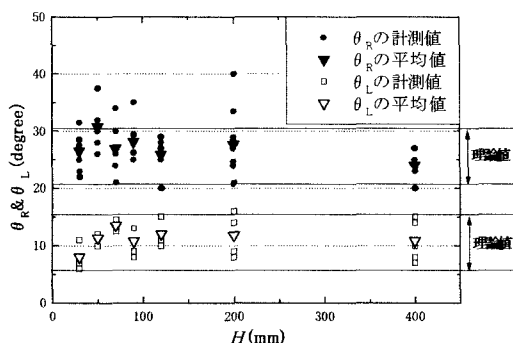


図 3-a θ_R & $\theta_L \sim H$ 関係

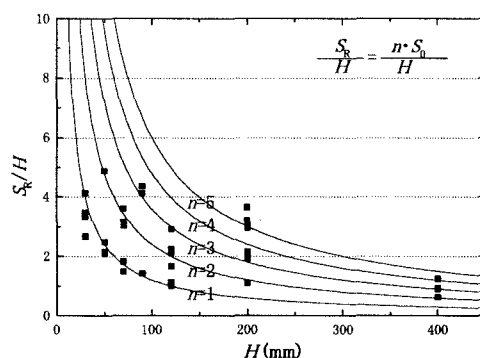


図 3-b $S_R/H \sim H$ 関係

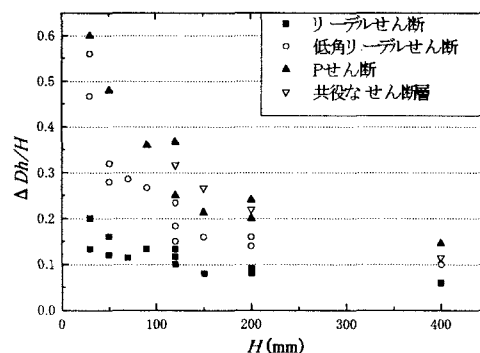


図 3-c $\Delta Dh/H \sim H$ 関係