

断層運動による地表面変状と表層地盤特性との関係に関する模型実験

金沢大学大学院  
金沢大学大学院  
金沢大学工学部  
金沢大学工学部

○武澤永純  
吉藤祐也  
正会員 宮島昌克  
フェロー 北浦 勝

1. はじめに

台湾・集集地震では、逆断層である車籠埔断層によって、地表面に5～10mの大きな変位が発生し、建物をはじめ、橋梁や電力施設などの社会基盤施設に甚大な被害が生じた<sup>1)</sup>。この断層による地表面変位は例えば北部は南部より変位量が大きいなどと、場所によって変位量は異なっていた<sup>2)</sup>。本研究では、その要因として表層地盤特性が関与していると考え、断層運動を想定した装置を用いて、その特性や挙動を把握するための模型実験を行った。

2. 実験概要

図-1 に実験装置の概要図を示す。実験に用いる土槽の寸法は、長さ500mm×高さ500mm×幅250mmであり、土槽前面には厚さ20mmの透明なアクリル板、他の面には厚さ18mmのベニア合板をそれぞれ用いている。土槽の下にコンテナの土台があり、その中にベニア合板で組み合わせた移動基盤と油圧ジャッキを設置する。ここで、基底右側において油圧ジャッキと接続している基盤を移動基盤と称し、基底左側を固定基盤と称する。この実験装置は、油圧ジャッキによって、図-1 の下のように土槽内の右半分が持ち上がる仕掛けになっている。

表-1 に実験ケースを示す。地盤材料に用いた砂は珪砂5号 ( $\rho_s=2.60\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.59\text{mm}$ ) と細砂 ( $\rho_s=2.63\text{g/cm}^3$ 、 $D_{50}=0.50\text{mm}$ ) の2種類である。実験では地盤の作成方法を変えることによって、地盤の硬さに変化を与えた。軟らかい地盤は、ろうとを用いて土槽内に砂を落下させて作成した地盤で、硬い地盤はふるいを用いて、土槽の上から砂をふるい落として作成した地盤である。

実験手順を以下に示す。まず土槽内に地盤層厚200mmの砂地盤をケースごとの方法で作成する。地盤を作成する際に、地盤側面に深さ方向に25mmの間隔で色砂を層状に配置する。地盤作成後、油圧ジャッキにて、最大変位50mmまで地盤に変位を与えた。

実験では、以下の項目について計測した。

- 1) 地表面の形状：ポイントゲージによって、上昇前と上昇変位5mmごと30mmまで7回計測した。
- 2) 地盤側面変位の形状：ビデオカメラによって、上昇変位1mmごと50mmまで記録した。

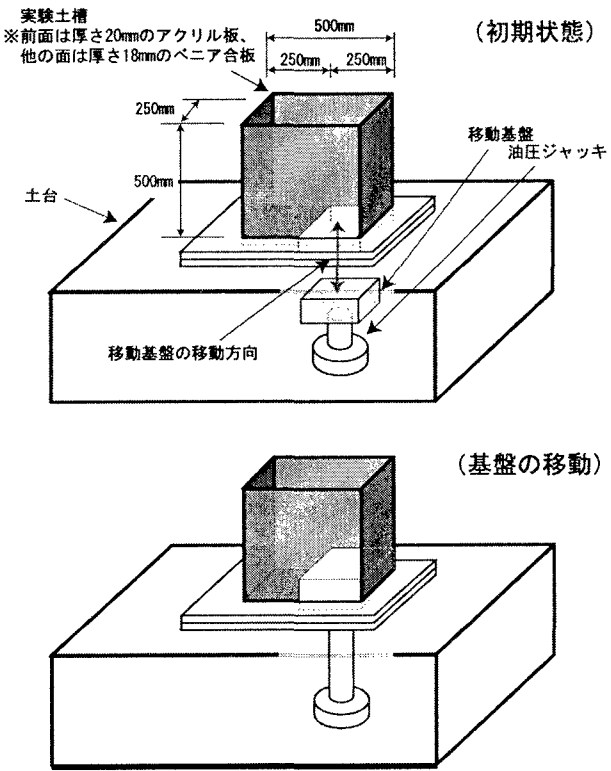


図-1 実験装置概要図

表-1 実験ケース

|         | 地盤   | 硬軟   | 単位体積重量(gf/cm <sup>3</sup> ) |
|---------|------|------|-----------------------------|
| Case1-1 | 珪砂5号 | 軟らかい | 1.29                        |
| Case1-2 | 珪砂5号 | 硬い   | 1.48                        |
| Case2-1 | 細砂   | 軟らかい | 1.28                        |
| Case2-2 | 細砂   | 硬い   | 1.38                        |

### 3. 実験結果と考察

図-2に実験結果の一例を示す。目視によると、基盤の上昇が始まると基盤から地表面に向かって地盤に亀裂（本研究ではせん断帯と称する）が発生する。地盤が軟らかい場合、せん断帯は中央から下盤側の地表面の発達するものと、上盤側の地表面に発達するものとの2つに大別できる。地盤が硬い場合、せん断帯は基盤中央から下盤側の地表面に傾いて発生した。このとき、せん断帯は地盤が軟らかいケースのように大きく分かれず、下盤側に集中する。上盤は変位の増加に伴い、せん断帯にそって隆起する挙動を見せ、その後地盤中央部において、雁行状に新たなせん断帯を生成する。断層変位によって地表面が変形している断層崖の部分（本研究では影響範囲と称する）は、地盤が軟らかい場合は地盤中央部で生じ、地盤が硬い場合は、境界より下盤側で生じた。

この違いが地表面の形状にどのような変化を与えたのかを図-3に示す。グラフ横軸の数値は、正の値は移動基盤側、負の値は固定基盤側を示す。影響範囲の形状は、Case1-1よりもCase1-2の方が、断層変位によって影響範囲が増加している傾向を示している。

ここで、影響範囲と断層変位との関係を示したものが図-4である。これより、移動基盤の上昇量が小さい場合、地盤が硬いケース（Case1-2、Case2-2）では、せん断帯が大きく広がらずに発生するために、影響範囲も小さくなる。上昇変位量が大きくなる過程で、地盤材料による違い（例えばCase1-1とCase2-1）が見られ、粒径が大きい珪砂5号は粒径が小さい細砂よりも影響範囲が大きい値を示している。すなわち、断層変位が小さい場合は、影響範囲の大小は $N$ 値などに代表される地盤の硬軟が支配的であり、断層変位が大きい場合は、影響範囲の大小は土粒子の粒径等に代表される、土そのものの性質が支配的になると考えられる。

### 4. まとめ

断層変位が地表面に出現する場合は、表層地盤の影響を受けることが分かった。断層変位が小さい場合は $N$ 値などに代表される地盤の硬軟に影響を受け、断層変位が大きくなると、土そのものの性質に影響されることが示された。

参考文献 1) 川島一彦、家村浩和、庄司学、岩田秀治：1999年集集地震（台湾）における交通施設の被害と被災メカニズムに関する検討、東京工業大学土木工学科耐震工学研究グループ、1999。 2) 東京大学地質研究所地震予知研究推進センター：台湾集集地震調査報告、<http://www.eprc.eri.u-tokyo.ac.jp/HANSHA/hennizu.htm>。

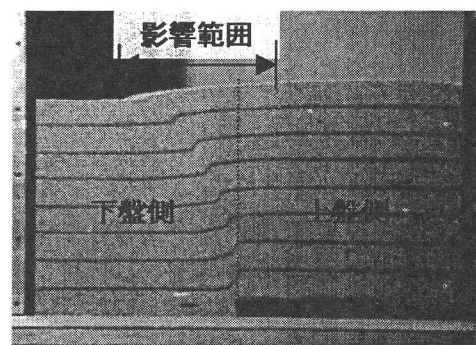


図-2 実験結果の一例（Case1-2）

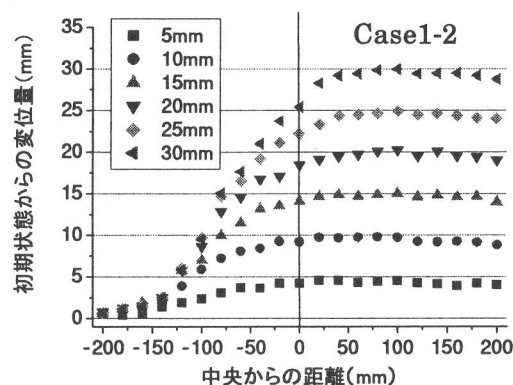
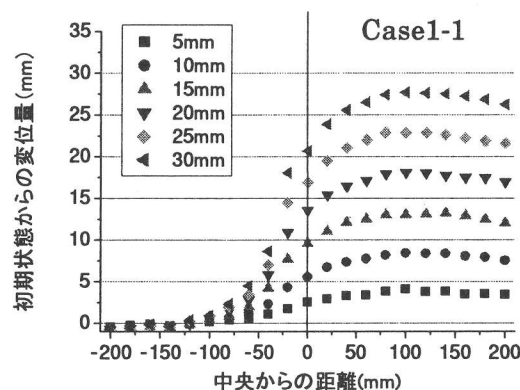


図-3 移動基盤上昇毎の地表面の変形状況

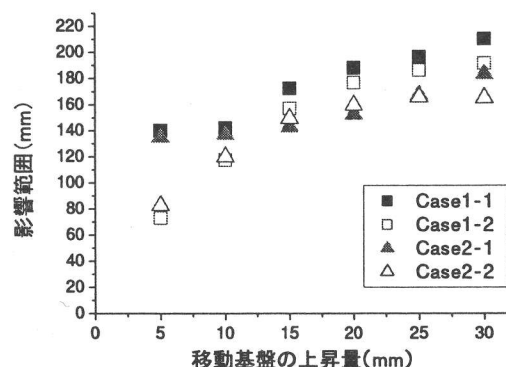


図-4 断層変位と影響範囲との関係