

地震時の宅地谷埋め盛土斜面の変形に関する振動台実験

関西大学大学院  
京都大学大学院

学生員 藤田 喜彦  
学生員 郷 隆之

京都大学防災研究所 正会員 釜井 俊孝  
関西大学工学部 フェロー 楠見 晴重

1. はじめに

1995年の兵庫県南部地震では、西宮・神戸市間の都市域において震災に関連し確認された200ヶ所以上の斜面変形のうち人工谷埋め盛土によるものは、過半数を占めた（釜井ほか、1996）。大規模な谷埋め盛土は、都市圏の拡大に伴い開発された人工地盤であり、今後都市直下型地震が発生した場合、このような宅地谷埋め盛土斜面が変形する危険が高い都市は数多く潜在すると思われる。事実、2003年の三陸南地震、宮城県北部の地震及び十勝沖地震において多数の宅地谷埋め盛土地盤が変動している。既往の研究より、地震時の宅地谷埋め盛土斜面の崩壊は谷底横断面形状（幅/厚さ比）が大きな不安定化要因であることが確認されている。図-1に変動発生率と横断面形状比の関係を示す。

しかし、谷埋め盛土の局所的な変動、及び溪床堆積物（生物の死骸や腐敗した草木）を考慮した実験はほとんどなされていない。そこで本研究では、谷埋め盛土の変動メカニズムに関する新たな知見を得ることを主目的として、側面のせん断力と盛土底面の摩擦に着目し、大規模乾燥砂模型地盤を作成し、正弦波加振実験を行ったので報告する。

2. 振動台実験概要

振動台は、水理構造物3次元強震動台実験装置を用いた。図-2に谷埋め盛土模型地盤の断面、平面及び計測器配置状況を示す。模型地盤は、直径3.5mの振動台テーブル全体を利用して、奥行き220cm、幅220cm、高さ70cmの鉄筋で補強したコンクリートブロック製の土槽内に作製した。六甲山地山腹の丘陵地において、谷埋め盛土地盤材料には、主に大阪層群及び神戸層群の堆積物を母材として用いている。そこで模型盛土地盤の試料は、京都盆地南部の大阪層群相当層から採取された城陽ろ過砂を使用した。模型の地山地盤もまた、同層による粒径5 $\mu$ 未満の粘土を突き固めて作製した。現実の大阪層群や神戸層群は広い粒径分布の幅を持っており、模型の盛土地盤（土層）には、現実と同様に出来るだけ粒径の幅を広くするため、均等係数が高くなるよう調節した。さらに可能な限り粒径を細かくしたろ過砂（ $d_{60}=0.282$ 、 $G_s=2.65$ 、 $\rho_d=1.44\text{g/cm}^3$ ）を用いた。本実験では、土層底面の縦断面方向の傾斜角を10度とした。横断面形状については、簡単のため、谷の最も単純な形状である箱型とし、幅180cm奥行き180cmに設定した。入力地震動は、土層が完全に変形するように正弦波を振幅350galで15秒間継続した。周波数に関

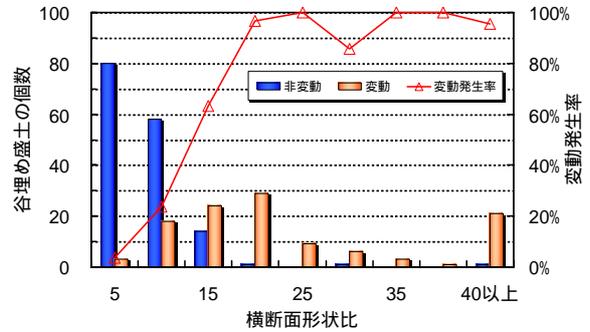


図-1 変動発生率と横断面形状比

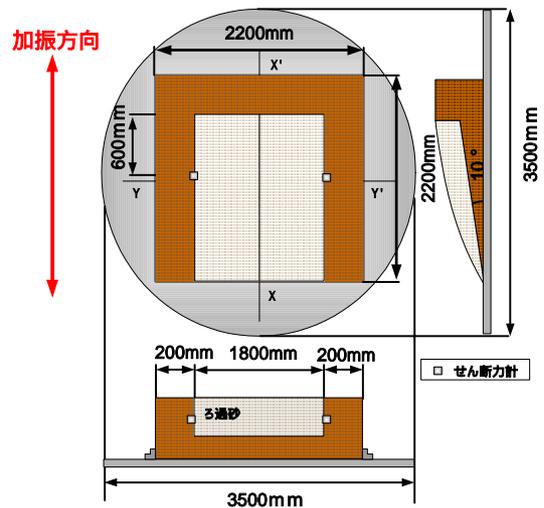


図-2 谷埋め盛土地盤概要

表-1 実験条件一覧

模型地盤条件			入力地震動		
横断面形状比	土層厚 (mm)	横断面形状	周波数 (Hz)	振幅 (gal)	継続時間 (sec)
12	150	箱型	10	350	15
10	180	箱型	10	350	15

盛土 振動台実験 摩擦

しては、実地盤と模型地盤との卓越振動モードを一致させるため、地表面付近でのせん断弾性波における相似則（中川ほか、2000）に従い、10Hzに設定した。表-1 に実験条件を示す。谷側面のせん断力を定量的に評価するため使用した、せん断力計（エス・エス・ケー社製S25-02）を土層の側面に設置した。現実の盛土地盤下層には、渓床堆積物（非常に軟弱な層）が存在し、しばしば滑り面の摩擦力を無視できる場合があると考えられる。そこで、底面の摩擦が作用する場合としない場合の違いを検討するため、土層底面にビニールシートを敷き摩擦を小さくしたものとしないものの2種類のモデルを用いて実験を行った。

### 3. 実験結果及び考察

図-3に側面に設置されたせん断力計の時刻歴を示す。図-3のa)タイプは、土層底面にビニールシートを敷かなかった場合、b)タイプは、敷いて底面の摩擦を小さくして、実験を行ったものである。両者を比較すると、底面に摩擦が小さい場合は摩擦がある場合と比べて側面のせん断力は大きいことがわかる。a)タイプの場合、加振中は一定の値で振幅し加振終了後のせん断力は原点に復帰する。その挙動は粉体的であり、粒状体（要素）としての挙動をしたため、側面

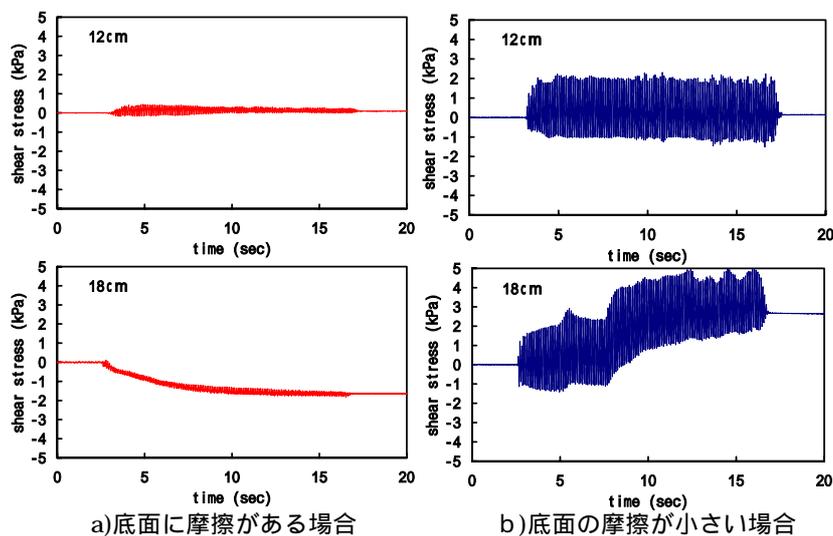


図-3 側面のせん断力の時刻歴

のせん断力があまり発現しなかったと考えられる。一方b)タイプでは、a)タイプと異なり最終的にせん断力が発現されている。これは移動体を形成し変形、つまり底面の摩擦力が減少したために、要素の集合体としてのマスとして破壊をしていることを示している。また、a)タイプの土層厚12cmとb)タイプの土層厚18cmのものを比較すると、土層厚18cmの方がせん断力は大きくなった。この結果は盛土下層に渓床堆積物など非常に軟弱な層がある（底面の摩擦が作用しない）場合は、土層厚に関係なくせん断力は大きくなることを示している。

### 4. まとめ

谷埋め盛土の側面のせん断力と盛土底面の摩擦に着目し、大規模乾燥砂模型地盤を作成し、正弦波加振実験を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 土層底面の摩擦が小さい場合、摩擦力がある場合と比べ、側面のせん断力は大きくなる。これは、破壊形態の違いを示しており、摩擦力が小さい場合はマスとして変形するためせん断力が大きくなったと考えられる。
- 2) 土層厚を比べてみると、土層底面の摩擦が小さい場合、厚さに関係なく側面のせん断力は大きくなる傾向にあることがわかった。

### 参考文献

- 1) 釜井俊孝、鈴木清文、磯部一洋：平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動、地調月報、47-2/3 pp175-200,1996
- 2) 中川一、高橋保、里深好文、辰巳正人：地震時の斜面崩壊に対する基盤面形状の影響に関する研究、砂防学会誌、Vol.52, No.5, pp4-15,2000
- 3) 郷隆之、笠原亮一、釜井俊孝：大型振動台実験による谷埋め盛土斜面の変形挙動の検討、地すべり、Vol40, No.5 pp40-47,2004