

関西大学大学院 学生員 ○藤田 喜彦
 京都大学防災研究所 正会員 釜井 俊孝
 京都大学大学院 学生員 郷 隆之
 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その規模に関する検討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、谷底面及び側面のせん断力に着目し、大規模模型地盤(乾燥及び完全飽和砂地盤)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 μ 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($\phi_{60}=0.282$ 、 $G_s=2.65$ 、 $\rho_d=1.44\text{g/cm}^3$)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楔型の 2 タイプとし、幅 180cm 奥行き 180cm に設定した。入力時振動は、土層が完全に変形するように正弦波を振幅 350gal で 20 秒間継続した。周波数に関しては、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)に従った。具体的には、模型地盤の固有振動数は 17-20Hz の領域にあるため、共振による影響を避け、また、実験の利便性を図るため周波数は 5Hz、10Hz、15Hz の 3 タイプに設定した。表 1 に実験条件を示す。谷側部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)は、土層中央底面と側部に設置した。

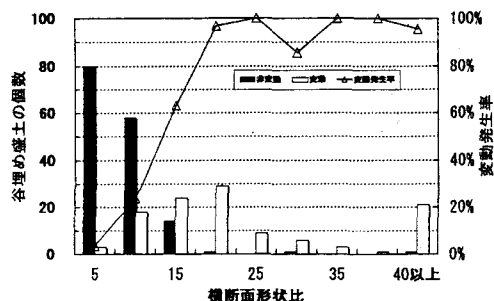


図 1 変動発生率と横断面形状比

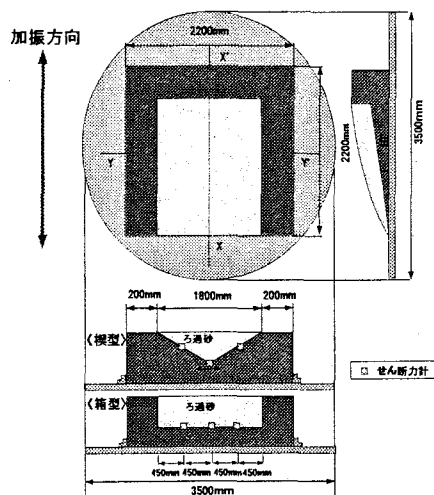


図 2 谷埋め盛土地盤概要

表 1 実験条件一覧

模型地盤条件			入力地盤動		
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)
15	120	箱型・楔型	5・10・15	350	15
12	150	箱型・楔型	5・10・15	350	15
10	180	箱型・楔型	5・10・15	350	15

3. 実験結果及び考察

図3、図4にそれぞれ乾燥砂地盤、完全飽和地盤でのせん断力計の時刻歴の一例を示す。両地盤境界条件で、せん断力は楔型、箱型ともに側部よりも中央部の方が2倍以上大きいことがわかる。一般に、せん断力は垂直荷重（応力）に比例し、せん断力計に作用する垂直荷重は盛土の厚さに比例するとみなすことができる。なお、側部に配置したせん断力計と側壁とは約45cm離れているため、土のアーチング効果による影響は無視できる。したがって、土層厚が中央部から側部にかけて一様な箱型の場合、側部の方が中央部に比べてせん断力が小さいという、不均一なせん断力分布を説明するためには、側壁と盛土間のせん断抵抗力すなわち側部摩擦力の存在を考慮する必要があるといえる。また、乾燥砂地盤の場合、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し、その挙動は粉体的であるといえる。一方飽和砂地盤の場合、せん断力は一時的に減衰した後、増幅していることがわかる。このことは圧密によりせん断剛性がダイレイタンス効果によって回復したことに起因していると考えられる（液状化後の凝固過程）。乾燥砂地盤と異なり最終的にせん断力が発現されているが、これは液状化によって粘性流体（土塊移動体）を形成し、変形していることを示している。

本研究で得られた結果は、限られた境界条件に対するものであるが、せん断力の観点から谷埋め盛土の不安定化性を明らかにした。しかし、せん断力分布すなわち側部摩擦力の影響範囲や、土層内のひずみ分布、地盤密度の変化による沈下の評価など、残された課題はある。また、液状化に起因する変形には多くの要因（例えば、繰り返しせん断力の波形など）が影響を及ぼしている。したがって今後は、側部摩擦力（滑動抑止力）分布の把握と、液状化による変形（滑動力）を重要視した研究が必要である。

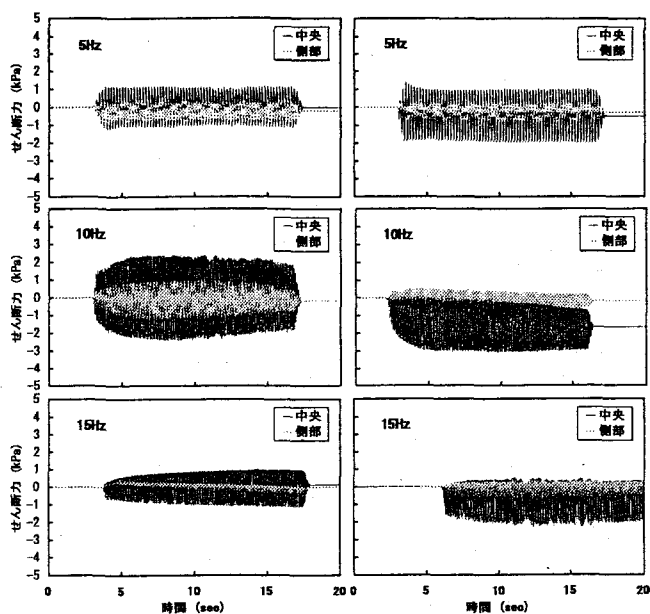
4. まとめ

谷埋め盛土地盤底面及び側面のせん断力に着目して大型振動台模型実験を行った。その結果から、以下の知見が得られた。

- 1) 土層底面のせん断力は、形状に関係なく、底面中央の方が側部よりもせん断力は大きい。このことより、側部摩擦がせん断力分布に影響している。
- 2) 乾燥砂地盤での土層底面のせん断力は、加振中は一定の値を保って振幅するが、加振後は原点に復帰し、その挙動は粉体的である。
- 3) 飽和砂地盤の場合、せん断力は一時的に減衰した後、増幅する。液状化によって粘性流体（土塊移動体）を形成し、変形していることを示唆している。

参考文献

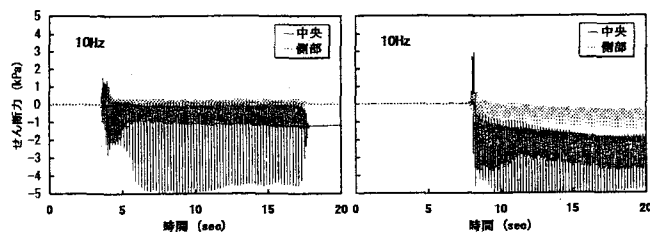
- 1) 釜井俊孝、鈴木清文、磯部一洋：平成7年兵庫県南部地震による都市域の斜面変動、地調月報、47-2/3 pp175-200,1996
- 2) 中川一、高橋保、里深好文、辰巳正人：地震時の斜面崩壊に対する基盤面形状の影響に関する研究、砂防学会誌、Vol.52, No.5, pp4-15,2000
- 3) 郷隆之、笠原亮一、釜井俊孝：大型振動台実験による谷埋め盛土斜面の変形挙動の検討、地すべり、Vol40, No.5 pp40-47,2004



a) 横断面形状比 15 箱型

b) 横断面形状比 15 楔型

図3 せん断力計の時刻歴（乾燥砂地盤）



a) 横断面形状比 10 箱型

b) 横断面形状比 10 楔型

図4 せん断力計の時刻歴（飽和地盤）