

## 降雨後の盛土の地震被害に関する振動実験

港湾空港技術研究所 国際会員 一井 康二  
 豊橋技術科学大学 非会員 西出 義明  
 港湾空港技術研究所 非会員 海老原 健介  
 港湾空港技術研究所 非会員 田中 剛

### 1. はじめに

一般に盛土が被災するのは降雨時と地震時である。地震はまれにしか作用しないが、ある程度の降雨は頻繁に作用する。しかし、盛土の地震時の挙動における降雨の影響を検討した例はない。そこで、降雨後の盛土の振動実験を行い、降雨後の盛土の地震被害について検討を行った。

### 2. 実験概要

#### a) 模型の作製

実験模型の断面と計測機器の配置を図1に示す。同時に2つの盛土を作製し、降雨有りと降雨無しの条件で並行して実験を行った。盛土材料にはまさ土を使用した。盛土は天端部分、斜面部分、法尻部分に分け、事前に体積を計算して重量を調整し、締固めの程度を管理した。天端部分と斜面部分からまさ土を投入し各層を締固め、最後に法尻部分を作製した。盛土の単位体積重量は1.65 tf/m<sup>3</sup>、含水比は約9%である。

#### b) データ計測

計測は地震動の増幅が考えられる天端部分には5G計、斜面部分と法尻部分には2G計の加速度を配置した。法尻部分には水平、鉛直方向にレーザー変位計を配置した。サクシオンを計測するためにテンシオメータを配置した。盛土の変位を計測するために正面と側面にターゲットを配置した。

### 3. 降雨による状態の変化

降雨実験時のサクシオンの値の変化を図2に示す（数字は図1に示した計測機器の添字に相当する）。法尻部分（12）では1000秒過ぎから急激に変化している。斜面下部（8）では1500秒過ぎから徐々に変化し始め、2500秒付近から急激に変化している。3000秒後に値は一定となり飽和していることがわかる。この他の部分にはサクシオンの値に変化はみられなかった。

また、振動実験後の盛土の含水比分布を図3に示す（括弧はサンプリングで得られた含水比を表す）。降雨により天端部分と斜面部分の表面では15%以上、法尻抑え部分では17%となっていた。

### 4. 加振実験結果

降雨後に3回の加振実験（1, 2回目は1999年台湾集集地震における観測波を時間軸を1/5及び1/3にしたもの、3回目は5 Hzの正弦波）を行った。天端の累積変位量を図4に示す。加振2回目では変位が増えないが、3回目の正弦波では変位が増えている。2回目の加振では変位が増えていないため、単純に継続時間の増加により変位が増大するものとは考えにくい。共振の影響等について今後の検討が必要である。

天端の水平・鉛直変位の時刻歴を図5に示す。沈下は振動の継続時間に比例して増加する傾向を示すが、水平変位は主要動部の慣性力によって生じている。2回目の加振における残留水平変位量が小さいのに対し、正弦波加振では変位振幅が大きくなっていることから、共振の影響が支配的であると考えられる。

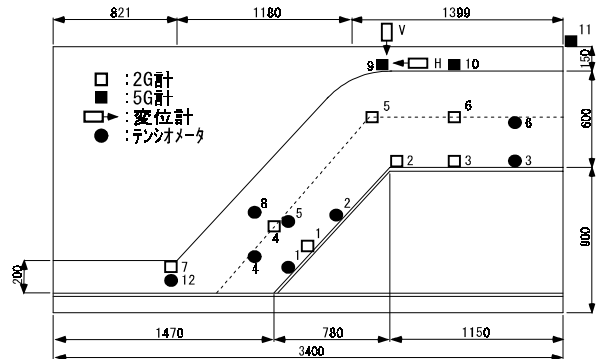


図1 実験模型の断面図と計測機器の配置

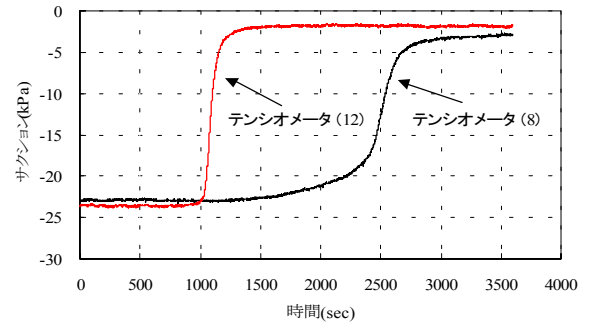


図2 サクシオンの値の変化時刻歴

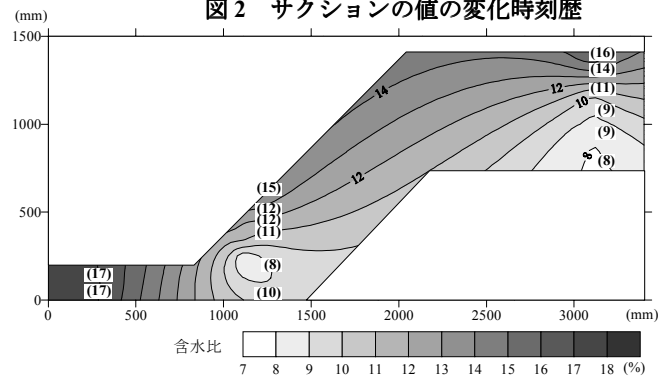


図3 含水比分布

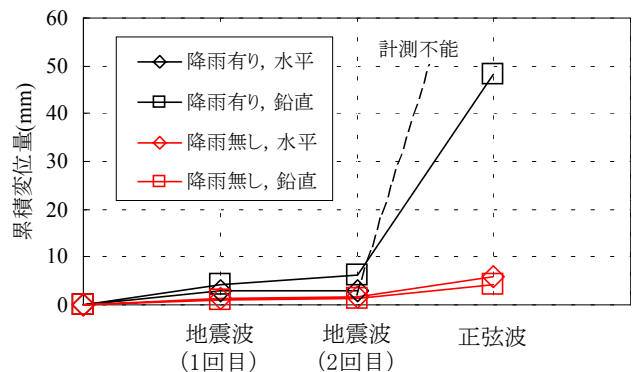


図4 天端の累積変位量

キーワード：斜面安定、盛土、震害、振動実験、降雨

連絡先：港湾空港技術研究所 〒239-0826 横須賀市長瀬 3-1-1, TEL:0468-44-5054, FAX:0468-44-0618

なお、加振実験前後の盛土の天端の沈下を比較すると、降雨有りの方では最大55 mm、平均42 mmの、降雨無しの方では最大6 mm、平均4 mmの沈下を確認できた。

降雨盛土の変形パターンを図6に示す。天端部分は沈下、法肩部分は水平方向に移動、斜面部分は斜面に沿って沈下している。特に法肩部分の変位が大きい。

現行の盛土の設計ではすべり面を仮定し、すべり面上の力の釣り合いから安全率を求めるため、変形後のモードについては議論していない。一般には有限要素法によるもののほか、すべり面上の土塊を剛体とみなしてNewmarkによる剛体滑動モデルなどが用いられることが多いが、本実験の結果は、剛体とみなせるようなすべり面上の土塊が存在しないことを示唆している。ただし、この変形モードは側面のマーカーの写真を読み取ったものに過ぎず、側壁の影響や写真の撮影時の誤差もあり、今後の詳細な検討が必要である。なお、降雨なしの盛土の変形については、変形レベルが小さかったこともあり、まだ解析が終了していない。

5. まとめ

降雨後の地震による盛土の挙動について、大型土槽内に盛土を作製し、地震波と正弦波の振動実験を行った。降雨のある場合と無い場合を比較し、以下のようなことが明らかになった。

- (1) 降雨実験を行いサクシオンを計測した結果、水は短時間で浸透し盛土は表面から含水比が高くなり、盛土の表面が弱くなったものと考えられる。
- (2) 加振実験の結果では、降雨有りと降雨なしの盛土の天端で計測された変位に大きな差があった。降雨により盛土の強度が低下したものと考えられる。
- (3) 降雨有りの盛土の正弦波加振後の変形パターンは複雑であり、単純なすべり面では挙動を説明できない。正弦波による共振の影響も考えられるため、変形レベルは小さいが、地震波加振後の変形パターンや降雨なしの盛土の変形パターンと詳細に比較検討する必要がある。

謝辞：地震波は Seismology Center, Central Weather Bureau, Taiwan の Pre-Publication Version : Dec, 6, 1999 による TCU084 地点のものを用いた。ここに記して謝意を表します。

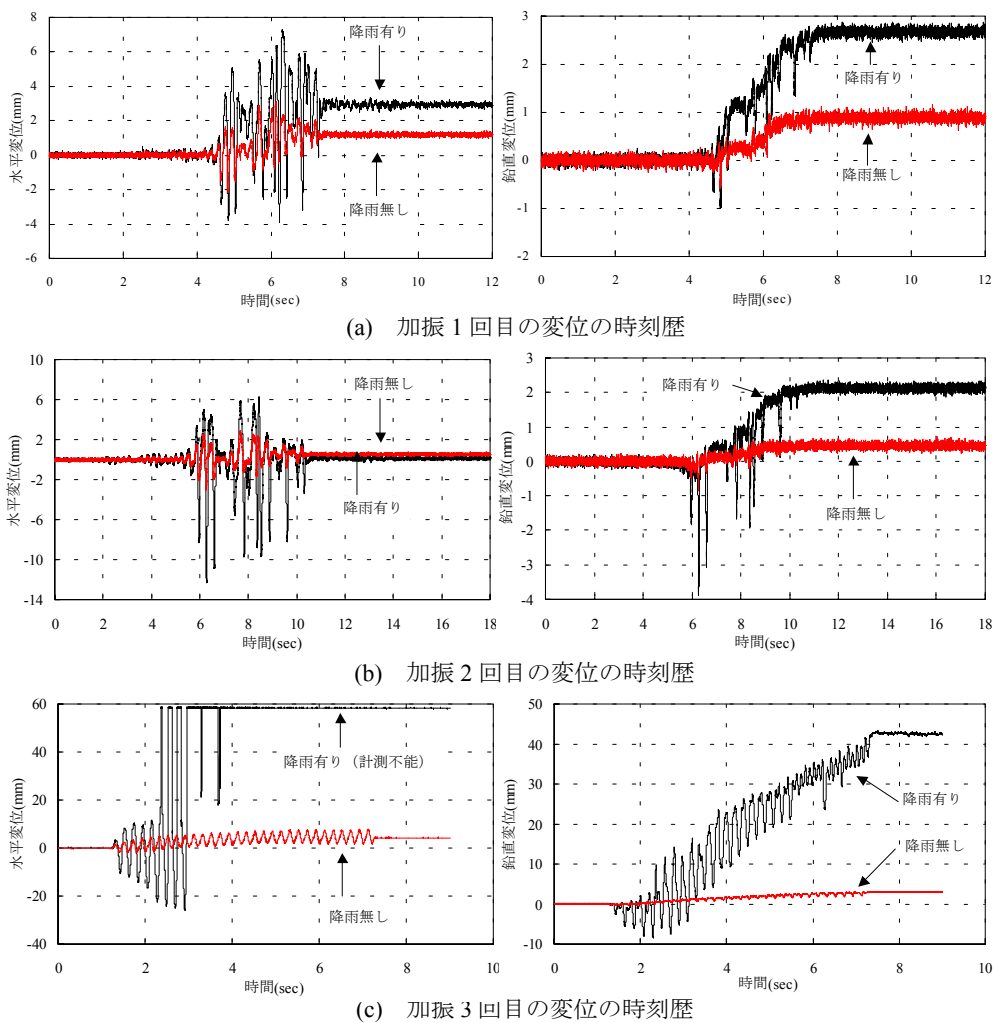


図5 盛土天端の変位の時刻歴

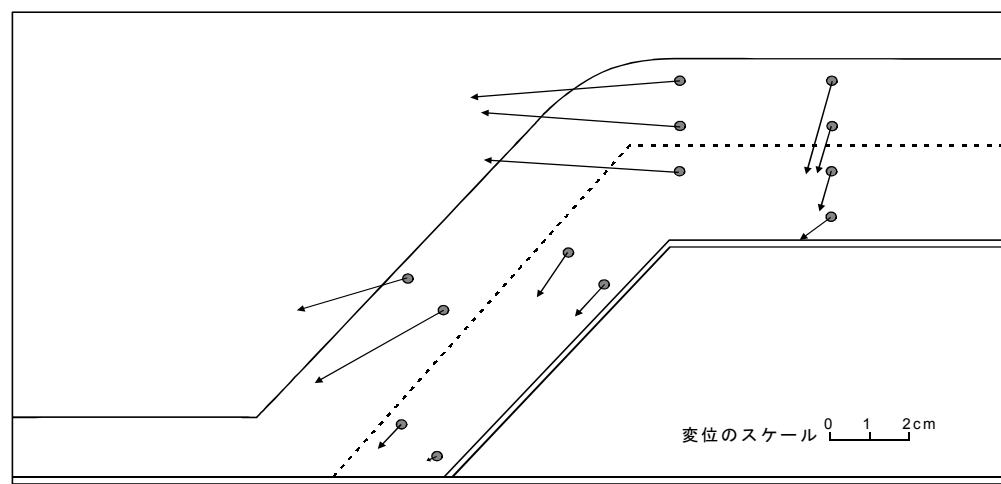


図6 降雨有り盛土の変形モード（正弦波加振後）