

模擬風化を施した模型盛土構造物の耐震性評価の検討

香川高等専門学校 学生会員 ○湊川碧人
 香川高等専門学校 正会員 荒牧憲隆
 西日本高速道路(株) 森凜
 豊橋技術科学大学 重成陽生

1. はじめに

西日本には広域に花崗岩質岩石が風化した風化残積土であるまさ土が分布しており、盛土など多くの土構造物の土質材料として用いられてきた。しかし、阪神淡路大震災や平成30年7月豪雨災害などの災害発生時、まさ土が用いられた土構造物は甚大な被害を受けた。地山におけるまさ土の特徴の1つとして、風化の程度によってその工学的性質に大きな影響を及ぼすという特性がある¹⁾。一方で、現存するため池には、数百年レベルで維持されているものも有り、堤体には雨水などによる酸化、風化の影響による強度低下が懸念される。そこで、本研究では、過酸化水素でまさ土を酸化させることで、雨水などによる化学的風化作用²⁾を模擬し、人工的な風化を受けたまさ土を用いて作製した盛土の模型振動台実験より動的挙動、および耐震性への影響を調べることを目的としている。

2. 使用材料

実験に用いた試料の基本的性質について表-1に示す。

表-1 まさ土試料の基本的性質

	土粒子密度 ρ_s (Mg/m ³)	塑性指数 I_p	均等係数 U_c	強熱減量 L_t (%)	最適含水比 w_{max} (%)	最大乾燥密度 ρ_{dmax} (Mg/m ³)
まさ土	2.629	NP	25.6	2.535	8	1.939

3. 模型盛土について

3.1 作製方法

模型盛土の断面を図-1に示す。高さ150mm、奥行き290mm、天端幅150mm、法勾配1:1.5の模型盛土をステンレス製土槽内に作製した。なお、基礎地盤については剛体とし、床板上に模型を作製している。

模型盛土の作製は、計3層で高さH=150mmになるまで段階的に作製し最終的に法面を整形させることで完成させた。また、模型盛土内には等間隔に1辺1cmの標点を合計25個設置しており、加速度計については天端上と基礎地盤上、振動台試験機上の合計3つ配置した。

模型盛土の土質試料は最大乾燥密度 $\rho_{dmax}=1.939\text{Mg/m}^3$ 、最適含水比 $w_{opt}=8.0\%$ であるが、まさ土の粘着力が過度に高くなることを防ぐために $D_c=70.0\%$ ($\rho_d=1.357\text{Mg/m}^3$)、 $w=6.0\%$ に設定した³⁾。

3.2 模擬風化方法

本研究では模型盛土を作製したのち、化学的模擬風化の過程へと移行する。試料に対して含水比 $w=6.0\%$ に

なるように、任意の濃度の過酸化水素水溶液を用いて調整を行った後に模型盛土を作製、その後含水比が変化しないよう高分子フィルムにより盛土全体をキャッピングし、過酸化水素の反応が完全に終了すると考えられる3日間程度静置する。これにより、土構造物内での過酸化水素の化学反応を促進させ、雨水などによる自然の化学的風化作用を再現した模擬風化を行う。

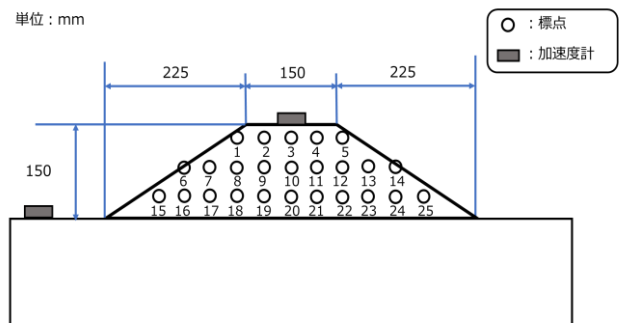


図-1 模型盛土の断面

4. 振動台実験概要

本実験では油圧ターボ式振動台実験装置を用いた。装置の基本諸元としては、加振方向は水平2軸、各軸共に最大加振力は10KN、最大変位 $\pm 50\text{mm}$ である。また、周波数範囲は0.1~5Hzであり、加振波形は正弦波、実働波でとなっている。

加振方法は正弦波で周波数を一定(5Hz)とし、加振加速度 $\alpha=100, 300, 500\text{gal}$ の3段階に設定、各段階で30秒程度加振した。崩壊形態は、高速度カメラ及びデジタルカメラを用いて撮影した。過酸化水素濃度0%、すなわち人工的な風化をさせていない原試料、5、10、15%濃度の過酸化水素水による模擬風化をおこなった試料の計4つのケースごとに模型盛土を作製し、実験を行った。

5. 振動台実験結果

代表的な結果として過酸化水素水15%濃度で模擬風化を行った試料で作製した模型盛土の加振加速度500gal時の変位ベクトル図を図-3に示す。

過酸化水素水0、5、10、15%濃度の全てで共通して加振加速度100、300galではいずれも崩壊せず、加振加速度500galで崩壊に達した。4ケースとも、両法面にクラック・すべり面が発生し、その後土塊がすべり崩壊をするという破壊形態であった。

また、過酸化水素水の濃度が高まるにつれて、すべり面がより内部に発生し、土塊の移動量も増加している

キーワード まさ土, 化学的風化, 耐震性

連絡先 〒761-8058 香川県高松市勅使町355 TEL 087-869-3927

様子が高速カメラより確認できた。

天端上に設置した加速度計より、加振加速度 500gal の時に計測した各濃度における応答加速度を図-3 に示す。図-3 より、1.5s あたりで 0% 以外の応答加速度が小さくなっており、まさ土に人工的な風化を施したことで、風化を行っていないものと比較してより早期に模型盛土の崩壊が開始し、加速度が減少したことが分かる。

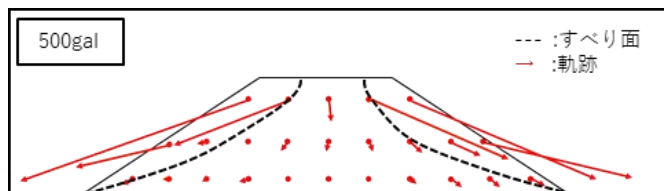


図-2 15%濃度での変位ベクトル図

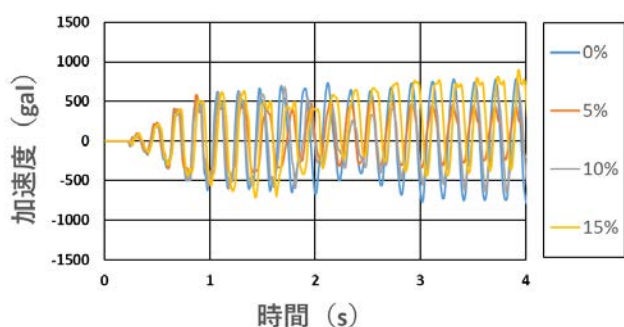


図-3 各濃度での応答加速度

6. 加振時の動的挙動

盛土内部の変形の実験結果に関し、代表的な例として、標点 16(左法面), 24(右法面), 20(中央)の加振時の移動量について検討する。

6.1 標点 16・24 について

加振加速度 500gal での標点 16 での各濃度における加振時の移動量を図-4 に、標点 24 の各濃度における加振時の移動量を図-5 に示す。対称に位置する 2 点の動的挙動は類似しており、移動量は 15% > 10% > 5% > 0% となった。また、0~10s での移動量の変化を見ると、10・15%は 0・5%と比べて移動量が増加し始めるまでの時間が早まっていることから、風化が進行することで模型盛土がより早期の段階で崩壊が始まったことが確認できる。

6.2 標点 20 について

加振加速度 500gal での標点 20 の各濃度における加振時の移動量を図-6 に示す。移動量は 15% > 10% > 5% > 0% となり、過酸化水素水濃度の高い、より模擬風化が進行した模型盛土の移動量が大きいう結果となった。0%とそれ以外の模擬風化を行った模型盛土では大きな差が見られ、模型中央にも関わらず、法面付近と同様に模擬風化の影響を受け、耐震性が低下していることが確認できる。また、0~10s での移動量の変化を見た際にも、0%に比べ風化を行っている模型盛土の移動量は増加し始めるまでの時間が早くなっていることから、標点 20 においても、風化が進行することで模型盛

土がより早期の段階で崩壊が始まったことが明らかである。

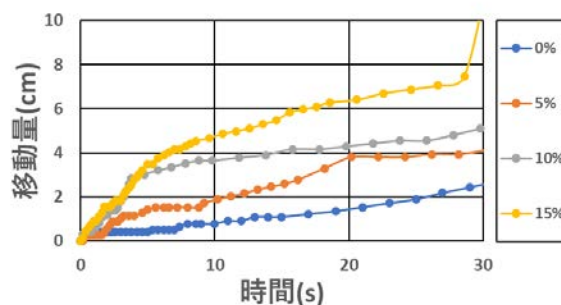


図-4 標点 16 における各濃度の移動量

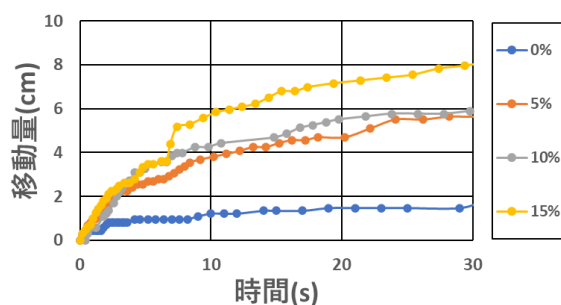


図-5 標点 24 における各濃度の移動量

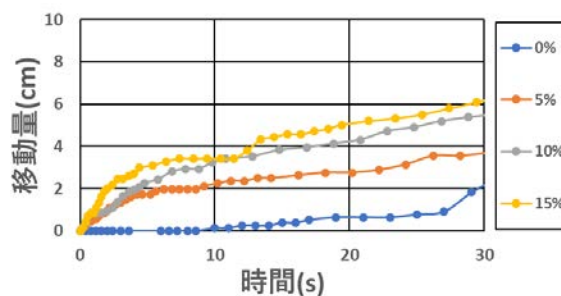


図-6 標点 20 における各濃度の移動量

7. まとめ

人工的に風化させたまさ土で構成される模型盛土を用いた振動台実験の結果より、風化が進行することでまさ土で構成される模型盛土の耐震性が低下するということが実験的に明らかとなった。

参考文献

- 1) 風化残積土地盤の物理力学的性質研究委員会：風化残積土に関するシンポジウム，土質工学会，1988.
- 2) 地盤工学会，環境地盤工学入門，pp12
- 3) 小湊祐輝・松丸貴樹・佐藤武斗：含水状態の異なる不飽和盛土の模型振動台実験，土木学会論文集 A1(構造・地震工学)，Vol.73，No.4(地震工学論文集第 36 巻)，I_1001-I_1009，2017.