

破碎性火山灰質土から成る斜面模型の降雨散水実験

鉄道総合技術研究所 正会員 ○松丸 貴樹
 宇都宮大学大学院 学生会員 吉原 隆
 宇都宮大学 正会員 海野 寿康

1. はじめに

近年、火山灰質土から成る斜面が地震や降雨を受ける被害が多く発生している¹⁾²⁾。火山灰質土は通常の地盤材料とは異なる振る舞いをすることが知られ³⁾、飽和度変化による急激な強度低下・液状化の発生や、土粒子自体の破碎が生じることなど報告されている。このうち粒子破碎機構については、室内土質試験による説明⁴⁾や数値解析モデルの構築⁵⁾が進められているものの、境界値問題として降雨に対する安定評価を行った事例は見られない。

本研究では、破碎性を有する火山灰質土を用いて構築した斜面模型に対して降雨散水試験を実施し、降雨浸透挙動を把握するとともに、降雨浸透時の斜面の変形や粒子破碎の発生の有無について検討を行った。

2. 降雨散水実験の概要

実験に使用した斜面模型の概要図を図1に示す。実験土槽は幅1700mm、奥行400mmであり、この土槽内に斜面となる地盤を構築した。斜面模型の作成後に実験土槽を水平より26度(1:1.2勾配)に傾けることで斜面への降雨散水を模擬している。実験土槽は、土層底面に高さ80mmの仕切り板を長手方向に100mm間隔で設置し、各仕切り内に集水孔を設置することで土槽下面からの流出水を100mm間隔で集水可能な構造とした⁶⁾。また、実験土槽の左端は開口しており、開口部に多孔質版を設置することで、斜面内を浸透し土槽左端から排出される側方排水量の測定が可能な仕様とした。その他、表層に入りきらなかった表面水量も計測できる形とした。斜面模型の構築には、市販の赤玉土を用いて $\rho_d=0.54\text{g/cm}^3$ 、含水比 $w=59\%$ で破碎が生じないようゆっくりと締め固めにより構築した。斜面地盤の高さは200mmとしている。

降雨散水は、土槽の上空に設置した散水装置により与え、降雨浸透の状況を見ながら降雨強度20, 40, 80および90mm/hで散水を行った。降雨散水時には、20分間隔での表面水の流量、土槽底面の各集水孔からの排水量を5分間継続して計測すると共に、斜面地盤内に設置した土壌水分計および間隙水圧計による飽和度および間隙水圧の計測を実施している。また斜面地盤の変形状況を把握するために、斜面表層に2カ所設置した接触式変位計による地表面変位、および斜面先端付近の土槽正面に設置した標点の動きの観察を行った。

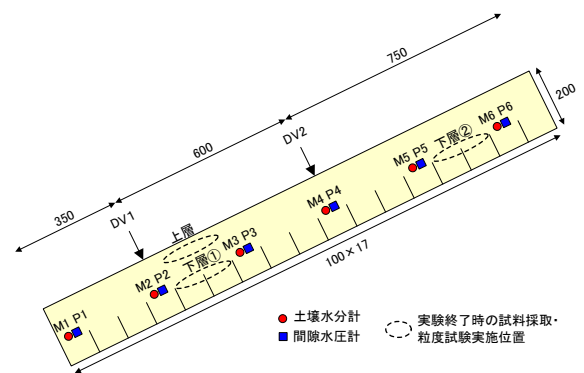


図1 斜面模型の概要

3. 実験結果および考察

降雨散水は、実験開始から3時間は20mm/hの降雨強度を与え、その後40mm/hを2時間、80mm/hを1時間、90mm/hの降雨を1時間与えた。

図2に、土槽底面で計測された排水量の分布図を示す。本計測は降雨開始後4時間の間(降雨強度を40mm/hから80mm/hに変更する直前まで)実施している。降雨開始後しばらくの間はいずれの位置においても排水は計測されなかったが、降雨開始後120分あたりから先端および900~1000mmの位置で排水が生じている。土槽表面に降り注いだ降雨が斜面地盤を浸透し、土槽底面から流出していることがわかる。その後、降

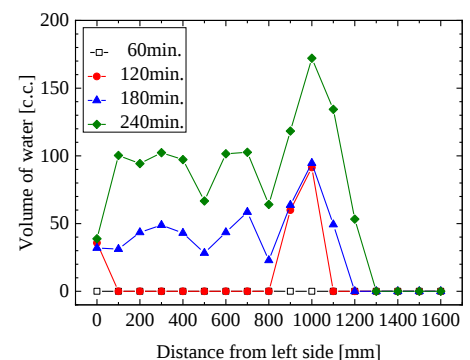


図2 土槽底面からの排水量

キーワード 火山灰質土, 斜面, 降雨浸透, 粒子破碎, 降雨散水実験

連絡先 〒185-8540 東京都国分寺市光町 2-8-38 (公財) 鉄道総合技術研究所 TEL : 042-573-7261

E-mail : matsumaru.takaki.35@rtri.or.jp

雨強度を 40mm/h に上昇させると 240 分時点での排水量は 180 分の時点での排水量と比べて増加している。なお、土槽先端から 1300mm より遠方の位置では降雨強度の大きさによらず排水が観測されていない。これは、長方形形状の土槽を傾けた状態で降雨散水を与えているため、土槽上面付近では降雨の浸透が難しい状況にあったことが要因として考えられる。

次に、降雨散水中の斜面内部の飽和度変化を図 3 に示す。いずれの土壌水分計設置位置においても、降雨散水前の飽和度は 35~40% 程度の値を示していた。降雨散水の開始後 50 分を経過すると急激に飽和度が上昇し、降雨強度を大きくするに連れて飽和度は大きくなり、M6 を除いて最大で 85~90% 程度の値まで上昇しているが、飽和度 100% にまでは到達していない。なお、最も斜面上方に位置する土壌水分計 M6 では降雨開始後もほとんどが上昇していないが、前述のように降雨が土槽の端部まで十分には行きわたっていないことによるものと考えられる。

降雨散水中の斜面表面の変位の時刻歴を図 4 に示す。図中の一方は地表面が上昇つまり膨張する方向を示している。降雨散水の進行とともに斜面表面層は一樣に膨張する挙動を示しており、降雨散水終了時点で 4mm 程度の膨張量となっている。また、降雨開始から 2 時間程度で 3mm 程度にまで増加しており、図 3 に示した降雨浸透による飽和度の上昇により膨張変位が生じたと考えられる。鉛直ひずみに換算すると約 2% 程度の値となっている。なお、土槽正面から観察する範囲では、斜面内で局所的なひずみの増加等は見られず、斜面方向に一樣に膨張挙動を示したと考えられる。

実験終了時に、図 1 の斜面地盤の上層および下層①②の位置で試料を採取し、粒子破碎が生じないよう 45 度で十分に乾燥を行った後に粒度試験を実施した。粒度試験の結果を図 5 に示す。図中には、実験開始前の赤玉土の粒度分布も併せて示している。実験前後、および採取箇所に関わらず粒度分布はほぼ同様のものとなっており、粒子破碎は生じていないものと考えられる。本実験で設定した斜面傾斜角は 26 度である一方で、実験で使用した赤玉土の内部摩擦角は非排水三軸圧縮試験で得られた内部摩擦角は 38.5 度である。著者らは本材料を用いた盛土模型に対する加振実験を別途実施したところ、すべり面が見られた付近では大きく粒子破碎が生じることを確認しており、本降雨散水実験では斜面の土要素にはある程度の初期せん断が作用していたものの、限界状態には到達しておらず粒子破碎は生じなかったものと考えられる。

4. まとめ

本研究では、破碎性を有する火山灰質土を用いた模型斜面に降雨散水を与え、降雨浸透に伴って粒子破碎が生じるか検討を行った。傾斜角 26 度の斜面地盤において降雨浸透に伴う飽和度の上昇やこれに伴う地盤の膨張挙動が確認されたが、斜面にはすべり等は生じることはなく粒子破碎は生じなかった。本検討では限界状態に対してある程度の余裕があったことが想定され、今後より限界状態に近い状態での降雨浸透に対する破碎を検討する予定である。

謝辞：本研究は、JSPS 科研費 18H01529（代表：海野寿康）および 21H01423（代表：海野寿康）の助成を受けて実施したものです。ここに記して御礼申し上げます。

参考文献 1) 地盤工学会：平成 30 年北海道胆振東部地震による地盤災害調査団最終報告書、2019. 2) Uzuoka, R., Sento, N., Kazama, M. and Unno, T.: Landslides during the earthquake on May 26 and July 26, 2003 in Miyagi, Japan, *Soils and Foundations*, Vol.45, No.4, pp.149-163, 2005. 3) 風間基樹, 三浦清一, 八木一善, 海野寿康, 鈴木輝之, 伊藤陽司: 講座 火山灰質土—その性質と設計法施工—6 火山灰質地盤の被害事例, 土と基礎, Vol.54, No.2, pp.45-54, 2006. 4) 渡辺唯, 海野寿康, 菊本統, 加村晃良, 松丸貴樹: 飽和軽石土の非排水せん断中における粒子破碎挙動, 第 55 回地盤工学研究発表会講演概要集, 2020. 5) Kikumoto, M., Wood, D.M. and Russell, A.: Particle crushing and deformation behavior, *Soils and Foundations*, Vol.50, No.4, pp.547-563, 2009. 6) 佐藤武斗: 盛土のり面を対象にしたキャピラリーバリア構造の性能を把握するための降雨実験, 第 60 回地盤工学シンポジウム平成 28 年度 (2016 年度) 論文集, Vol.60, pp.243-248, 2016.

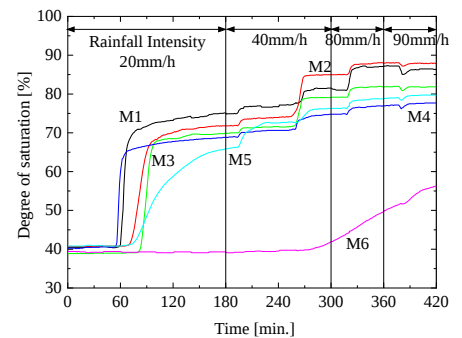


図 3 飽和度の時刻歴

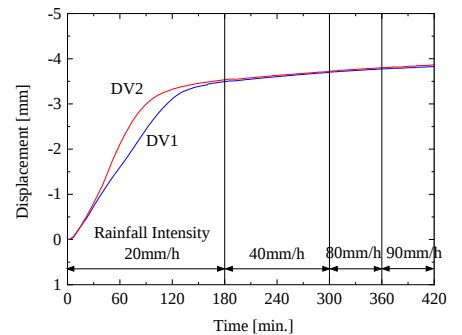


図 4 変位の時刻歴

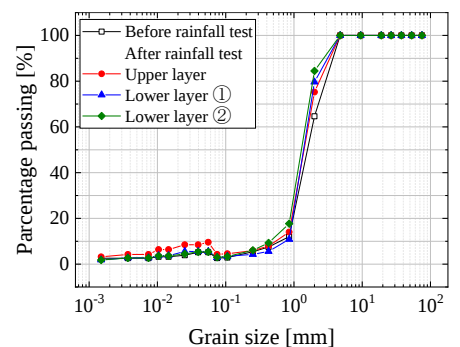


図 5 降雨散水実験前後の粒径加積曲線