

2013 年伊豆大島台風災害の土石流の源頭部斜面の降雨浸透解析

群馬大学 ○若井明彦, 蔡 飛, 横内啓隆
 八千代エンジニアリング株式会社 (元群馬大学) 深津貴之
 山梨大学 後藤 聡

1. はじめに

2013 年伊豆大島災害で土石流が発生した大金沢源頭部斜面の一つを例に, 降雨中に地下水位が上昇して斜面内部の極端な水圧上昇をもたらした機構を, FEM に基づく飽和-不飽和浸透流解析 (VGFLOW¹⁾) によって検証した。実際に崩壊した斜面を含む沢地形を浸透流解析の対象領域とし, 斜面脚部を規制する道路擁壁を下端に, 遙か上方の外輪山の肩付近まで (分水界) を上端とした。今後実施予定である三次元解析 (横断方向に沢の側壁を成す分水界までを解析対象) の前段階の検討として, 本報では, 沢の縦断面に着目した二次元解析の結果を紹介する。

2. 解析手法とその結果

図 1 は現地調査に基づいて地層構造を単純化した有限要素分割である。斜面は火山砂とレスの互層である。年間平均降水量相当の降雨を一定時間降らせることで, 地中の含水率等の分布を自然状態に予め安定化させ, その後に災害時の観測雨量を地表面に均一に与えた場合の水圧等の時間的変化を求めた。なお, 粒度分析結果に基づいて, 表土およびレスに比べて Y1.0 (火山砂層) や Y4.0 (火山砂層) は粗粒で透水性が高いと仮定した。今後, 現場採取試料を用いた透水試験等を予定しているが, 今回は粒度組成に基づいて推定した標準的パラメータ (表 1) を用いた。

まず, 鉛直土柱に対する一次元解析を実施した結果を図 2(a)(b)に示す。いずれも各層の圧力水頭の時刻歴である。(a)は表 1 の条件, (b)は表 1 において表土とその下位のレスの透水係数をそれぞれ 5 倍にした条件での結果である。

図 2(a)の標準ケースでは, 降雨量の増加に伴い, 深部のレスを除く全層で降雨中にある値で頭打ちとなっている。これは, 地表面から実際に涵養される水量は浅部地層の飽和透水係数に応じた上限値を有するため, 表 1 で仮定した透水係数の下では, 全層を短時間で飽和させるような水量は地表面から侵入しないことを示唆している。そこで次に, 表土とレスの透水係数の値を 5 倍にしたところ, 地表面からの涵養量が大きくなり, 降雨中に各層をいずれも飽和させる結果となった。図 2(b)の時刻歴の最終時点で得られている各層の水圧値はほぼ静水圧分布である。

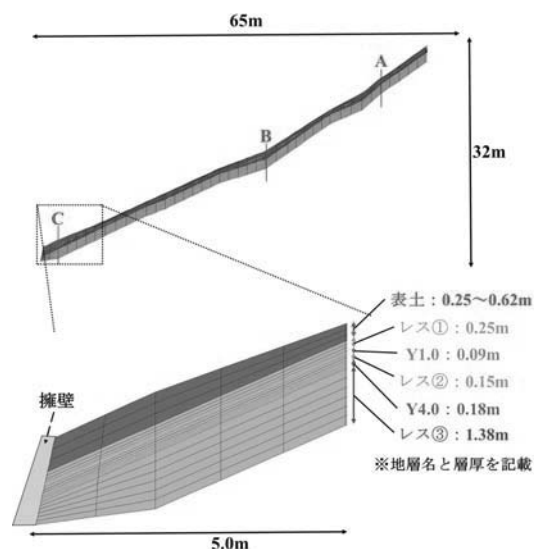
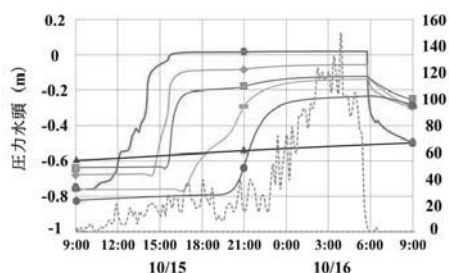


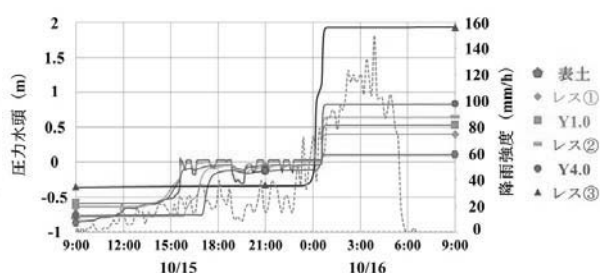
図 1 解析モデルとその有限要素分割
(末端付近の一部)。

表 1 解析に用いた各層の材料パラメータの一覧。

	飽和透水係数 K_{sx} (m/s)	飽和透水係数 K_{sy} (m/s)	飽和透水係数 K_{sz} (m/s)	残留体積含水率 θ_r (-)	飽和体積含水率 θ_s (-)	比貯留係数 S_s (1/m)	VGモデルのパラメータ	
							α	n
表土	1.8E-06	1.8E-06	1.8E-06	0.221	0.63	1.0E-03	1.47	6.656
Y1.0	1.8E-05	1.8E-05	1.8E-05	0	0.55	1.0E-04	5.74	1.629
Y4.0	3.8E-05	3.8E-05	3.8E-05	0	0.58	1.0E-04	5.74	1.629
レス	8.5E-07	8.5E-07	8.5E-07	0.221	0.61	1.0E-03	1.47	6.656



(a) 標準ケース (表 1)



(b) 表 1 で “表土とその下位のレスの透水係数を 5 倍

図 2 各層の中央深さ位置での圧力水頭の時刻歴 (一次元の土柱の解析)。

続いて、図 1 のモデルを対象とした二次元解析（図 1 の有限要素分割の右端からさらに山側へ外輪山の肩に至るまで同様の地層構造の斜面をモデル化）を実施する。図 3 は標準ケースの結果である。図 1 に示したB断面とC断面における各層の圧力水頭の時刻歴を示した。また、図 2(b)と同様に表土とその下位のレスの透水係数だけを 5 倍にした結果を図 4 に示す。これら二つのケースの結果はいずれも一次元解析の結果とほぼ等しい結果であった。

なお、山側から地中で供給される地下水の定性的な影響を検討するため、図 1 に示した領域の右端より山側の領域の構成材料がすべて Y4.0 と同質の高透水性の土である（雨水が地下水帯に即時的に涵養される）と仮定するとともに、砂層内の“水みち”等の影響を勘案して Y1.0 および Y4.0 の透水係数が標準ケースの 100 倍と仮定したケースの結果を図 5 に示す。鉛直下方への浸透量に比して山側から地下供給される浸透量が極めて大きくなり、降雨中に被圧状態が生じている。

3. まとめ

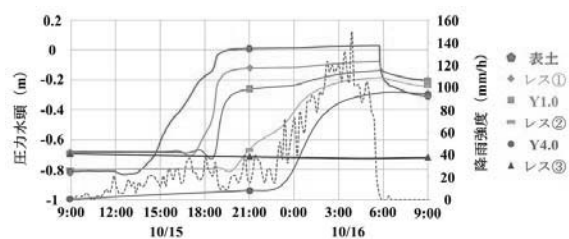
成層斜面の地表面平行方向の浸透量の適切な評価を行う上で、従来の Darcy 則に基づいた均質材料の浸透流解析が妥当かどうか（水みちの効果はないのか）現地状況や土質試験結果を踏まえて今後慎重な検討が必要であると考えられる。

謝辞

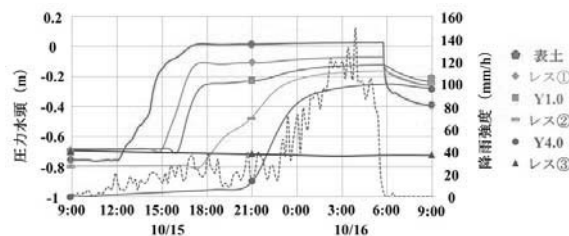
伊豆大島での調査ならびにその物性評価等の一部は、国土交通省平成 26 年度河川砂防技術研究開発公募（砂防技術分野）「局地的大雨による大規模表層崩壊発生機構の解明と危険地抽出技術の開発」（受託：公益社団法人日本地すべり学会，研究代表者：後藤聡）の助成によるものです。国土交通省関係者等に記して深く謝意を表します。

参考文献

- 1) Cai, F. and Ugai, K. (2004) : Numerical Analysis of Railfall Effects on Slope Stability, International Journal of Geomechanics, ASCE, Vol.4, No.2, pp.69-78.

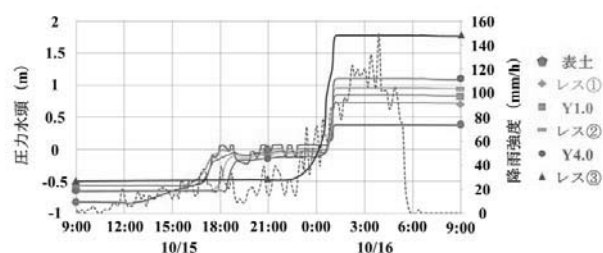


(a) B 断面

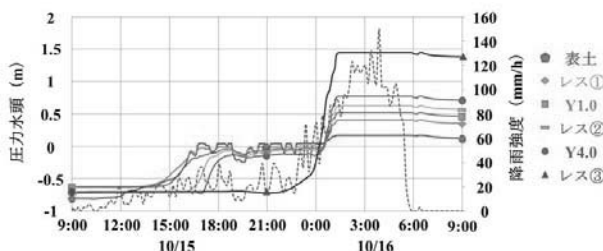


(b) C 断面

図 3 圧力水頭の時刻歴（二次元解析）．
（表 1 のケース）

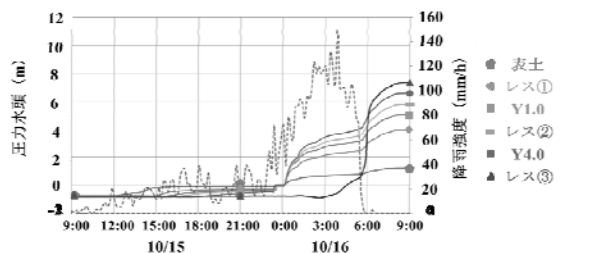


(a) B 断面

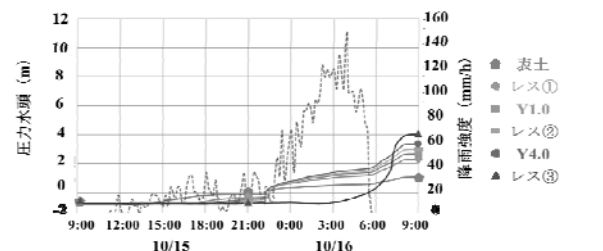


(b) C 断面

図 4 各層の圧力水頭の時刻歴（二次元解析）．
（“表土とその下位のレスの透水係数を 5 倍” ケース）



(a) B 断面



(b) C 断面

図 5 各層の圧力水頭の時刻歴（二次元解析）．
（※地下の供給水量を極めて大きくしたケース）

※解析条件の詳細は説明文中を参照。