

第Ⅲ部門

法尻に湧水の存在する自然斜面における現地調査に基づいた雨水浸透シミュレーション

大阪大学大学院工学研究科 学生員 ○大段恵司, 伊藤真一

大阪大学大学院工学研究科 正会員 小田和広, 小泉圭吾

1. はじめに

地盤工学会関西支部の「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会」が研究対象としているモニタリングサイトには法尻に湧水が存在する斜面が存在している。この斜面における湧水の発生メカニズムについて検討するため、委員会では、簡易貫入試験等による現地調査を実施した。本論文では、現地調査結果に基づき作成された解析モデルに対し飽和不飽和浸透流解析を実施し、斜面法尻の湧水発生メカニズムについて考察する。

2. 検討対象斜面に対する現地調査

図-1 は、現地調査を行った斜面の横断形状と簡易貫入試験における打撃回数を併せて示している。なお、打撃回数は5cm 貫入毎に示している。現地調査に先立って行った除草作業によって、斜面の中腹に高さ約2m の段差が確認された。この段差よりも上部の斜面の長さは約50m, 一方、下部の斜面の長さは約30m であり、斜面高は40m 弱とである。簡易貫入試験では、25 回/5cm 以上の打撃回数が必要となった場合に打ち止めとした。打ち止め深度は上部斜面において一部を除き約3.5m, 斜面下部で約1.0m であった。すなわち、上部斜面と下部斜面では不安定土塊の層厚が大きく異なっている。さらに、図-1 から分かるようにこの深度を結べばほぼ直線となる。また、この斜面の周辺では大木が植生しているにも関わらず、下部斜面では笹が植生の主体であったことを考慮すれば、下部斜面では斜面崩壊などによる土砂流失があったものと推察される。すなわち、斜面の中腹の高さ約2m の段差は滑落崖であると考えられる。

3. 解析概要

本解析では、2 次元土中水分移動予測プログラムである Hydrus¹⁾を用いて飽和不飽和浸透流を行った。Hydrus では、不飽和土中の連続式である Richrads 式を有限要素法により解いており、その際、水分特性曲線としては Van Genuchten モデル、不飽和透水係数モデルとしては Mualem モデルが使用されている。図-2 は本解析で用いた解析モデルと設定した観測点の位置を示している。本解析では、斜面上の各地点での打撃回数が20 となった深度を基盤として設定した。また、底面および側面は非排水境界、斜面先端は自由排水境界、表面は降雨時には降雨境界、無降雨期間では自由排水境界とした。表-1 は解析に用いたパラメータを示している。初期状態は、不飽和定常状態とし、体積含水率とサクシオンは保水特性によって決定した。解析では、時間雨量60mm/h の降雨を5 時間与え、その後30 日間の無降雨期間を設定した。

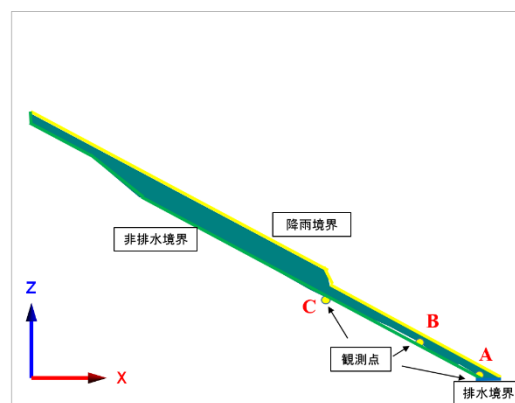
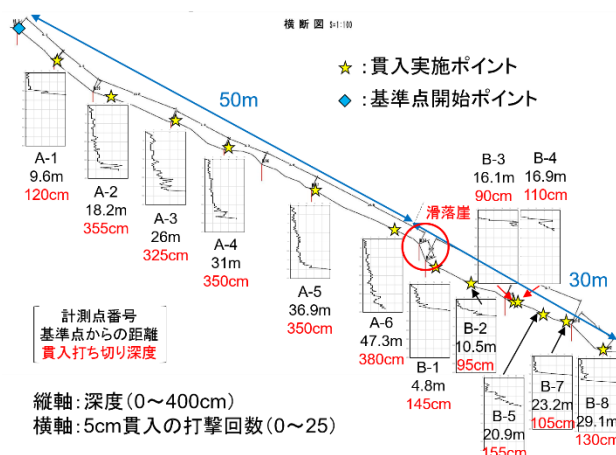


表-1 解析に用いたパラメータ

θ_s	θ_r	$\alpha(1/cm)$	n	$k_s(cm/min)$
0.659	0.000687	0.147	2.97	0.314

Keiji ODAN, Kazuhiro ODA, Shinichi ITO and Keigo KOIZUMI

u316069i@ecs.osaka-u.ac.jp

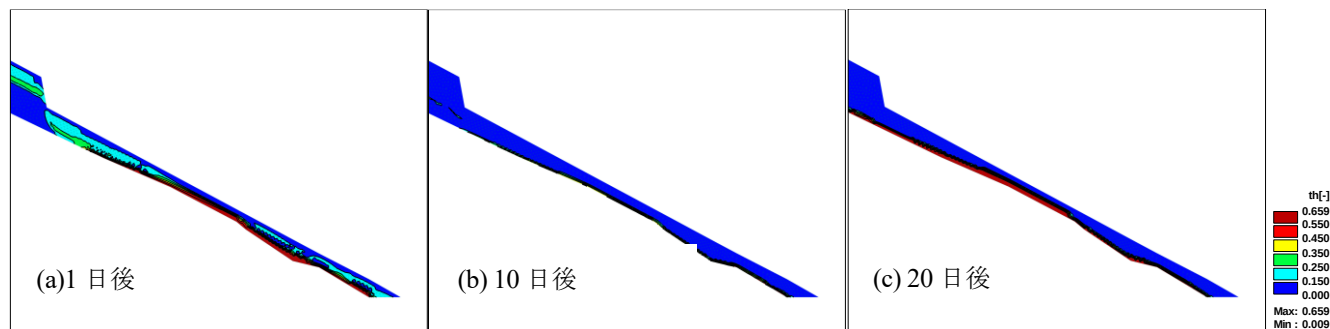


図-3 体積含水率分布の時間推移

4. 斜面法尻の湧水発生メカニズム

図-3 は、体積含水率分布の時間推移を示している。

なお、図は下部斜面だけを拡大している。降雨の1日後には雨水は基盤付近にまで浸透し、飽和状態になっている。10日後には体積含水率が低下し、不飽和状態に至っている。しかし、20日後には基盤付近において再び体積含水率が上昇し、飽和状態に達している。図-4は各観測点における圧力水頭の時間推移を示している。A点とB点では初期状態では負であった圧力水頭が雨水浸透に伴い急増し、両者とも約

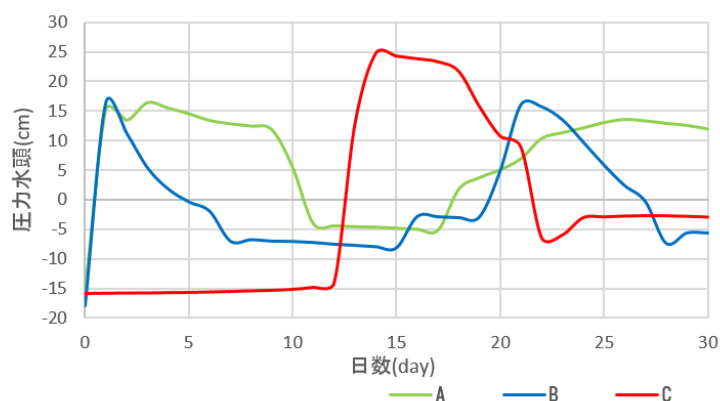


図-4 観測点における圧力水頭の時間推移

17cmに達している。両者が等しいことから、斜面表面からの直接的な雨水浸透によって形成された地下水位であると考えられる。その後、時間の経過とともに圧力水頭は減少し、A点では約11日、B点では約5日後に負の値になっている。これは、不飽和状態に至ったことを示している。ただし、A点では約17日、B点では約15日後から圧力水頭は再び増加し、いずれもが正の値、すなわち、地下水位が形成されている。これは、上部斜面からの浸透流によるものと考えられる。一方、C点では、約12日経過後から圧力水頭が増加している。A点とB点におけるそれらの挙動との違いは、不安定土塊の層厚に起因するものと考えられる。すなわち、上部斜面における不安定土塊の層厚は、下部斜面におけるそれよりも厚いため、基盤までの浸透に時間を要したためである。C点における圧力水頭は約14日後にピーク値に達した後、約18日後までほぼ一定値を保ち、その後時間の経過と共に減少している。そして、約21日後に負、すなわち、不飽和状態になっている。

以上のことから、この斜面における法尻の湧水発生メカニズムは、下部斜面からの雨水浸透による地下水位の形成という直接的な要因と上部斜面からの浸透流の流入による地下水位の形成という間接的な要因が考えられる。また、法尻部では1ヶ月以上たつても圧力水頭が正になっている点を考慮すれば、一ヶ月に複数回の降雨を受けると、法尻では継続的に地下水位が形成されると推察される。

5. まとめ

本研究を通じて得られた主な知見を以下に取りまとめる。

- ① 滑落崖を境界とした斜面下部における地下水位は、表層からの雨水浸透による直接的な要因と、基盤に沿った斜面上部からの地下水浸透による間接的な要因によって発生する。
- ② 斜面法尻では、降雨イベント後の無降雨期間においてもかなり長期にわたって地下水位が継続して発生している。このことから、雨期の季節では慢性的に飽和していると考えられ、

6. 謝辞

現地調査結果を提供していただいた「斜面動態モニタリングに基づく斜面安定性評価研究委員会」に深謝を表する。

参考文献

- 1) D.Rassam, Jiri Simunek, and M.Th. van Genuchten: HYDRUS-2D による土中の不飽和流れの計算, 2004