深層崩壊に岩盤内地下水の流動形態が及ぼす影響

信州大学大学院　○佐竹 寅次郎
信州大学　堤 大三，福山 泰治郎

1. はじめに

斜面が基盤層から崩壊する深層崩壊現象の発生には，風化岩盤内の地下水の挙動が関与していると考えられる。岩盤内地下水の挙動については，土層中の浸透流と同様にダルシー則で説明できるとする知見が多く存在する一方で，連続的な亀裂を水みちとする選択的で素早い流動が存在し，それが深層崩壊の発生に寄与したという指摘もなされている（Sidle and Chigira, 2004）。これまで筆者の研究グループでは，花崗岩山地斜面において風化岩盤内の地下水位と岩盤からの湧水量の連続観測を行い，亀裂を水みちとする選択流に着目した簡易な岩盤内地下水流動モデルの開発に取り組んできた。本発表では，筆者らが構築した岩盤内地下水流動モデルを用いて，花崗岩山地斜面の末端部における岩盤内の圧力水頭分布の降雨応答をシミュレーションした結果を報告する。

2. 岩盤内地下水流動モデル

岩盤内地下水流動モデルの模式図を図−1 に示す。本モデルでは，岩盤内の亀裂を斜面縦断方向の「流下パイプ」と鉛直方向の「滞留パイプ」という 2 種類のパイプで表現した。マニング則を用いて流下パイプ内の流量を計算し，流下パイプが管路流状態となった場合，発生する圧力水頭に相当する水位が滞留パイプに形成されるものとして，岩盤内の亀裂を介した地下水流動を再現した。斜面表層への入力値として，降雨強度に流域面積を乗じた雨量を 1 段タンクモデルに与え，底面からの流出量を滞留パイプへと供給した。

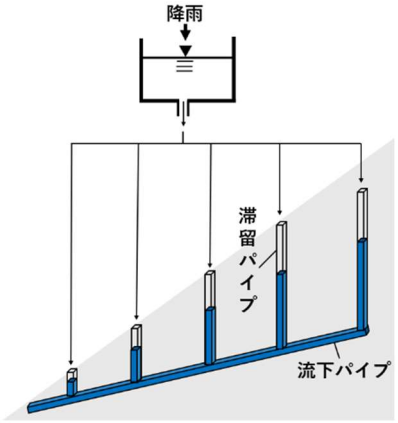

図-1　モデルの模式図

これまでの現地観測から，岩盤内地下水位が降雨に応答して上昇すると，岩盤内の地下水が表層付近にある排水能力の高い水みちを通して無降雨時には流出がない複数の位置から素早く排水されることが分かった。そこで，流下パイプを 1 層だけ設けた Case1 と，現地観測結果に基づいて 3 層設けた Case2 の 2 ケースで計算を行った。Case1 と Case2 のモデル構造を図−2 に模式的に示す。なお，流下パイプの傾斜などの計算条件は，各ケースで岩盤内地下水位の計算値が実測値に近づくように試行錯誤することで決定した。

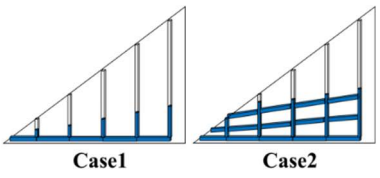

図-2
Case1 と Case2 の
モデルの模式図

圧力水頭分布の計算対象期間は 2023 年 6 月 1 日 0:00 から 2023

年 6 月 7 日 23:00 までとした。この期間の降雨（447.5mm）に対する岩盤内地下水位の応答をモデル計算により 1 時間単位で再現し，静水圧分布を仮定することで地下水面下の圧力水頭分布を計算した。

4. 計算結果

対象期間のハイエトグラフと岩盤内地下水位の観測結果，および Case1 と Case2 による再現計算結果を図-3 に示す。図-3 から，Case1 と Case2 のいずれも岩盤内地下水位の挙動をある程度再現していることが分かる。図-3 中に示した T1（降雨開始直前；6 月 1 日 22:00），T2（岩盤内地下水位の観測値のピーク時刻；6 月 2 日 14:00），T3（水位ピークから 5 日経過時点；6 月 7 日 14:00）の 3 時刻における斜面末端付近の圧力水頭分布の計算結果を図-4 に示す。図-4(c)，(d)から，排水能力が高い水みちが存在すると，降雨時には地下水がすばやく輸送されるため，斜面末端での圧力水頭が大きくなる傾向にあることが分かる。一方，図-4(e)，(f)から，そのような水みちが存在すると，降雨終了後には地下水が速やかに排水されるため，斜面末端での圧力水頭が小さくなる傾向にあることが分かる。これらのことから，排水能力の高い水みちが降雨時の斜面の不安定化と降雨終了後の安定化の両面に寄与していることが示唆された。

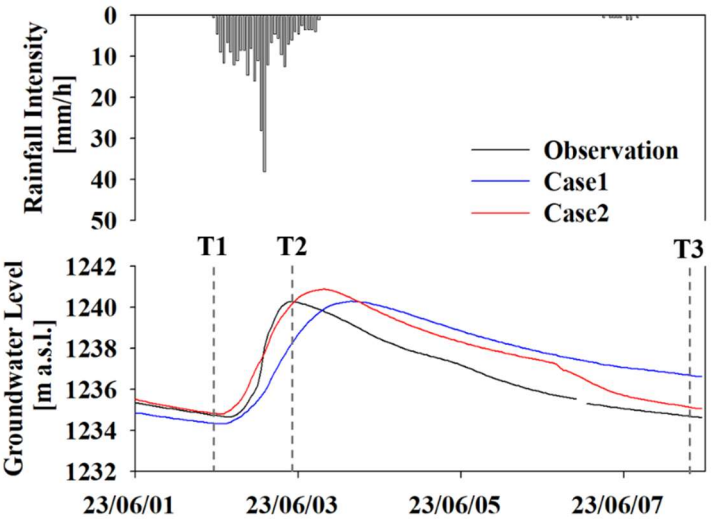

図-3
Case1，Case2 による岩盤内地下水位の再現計算結果

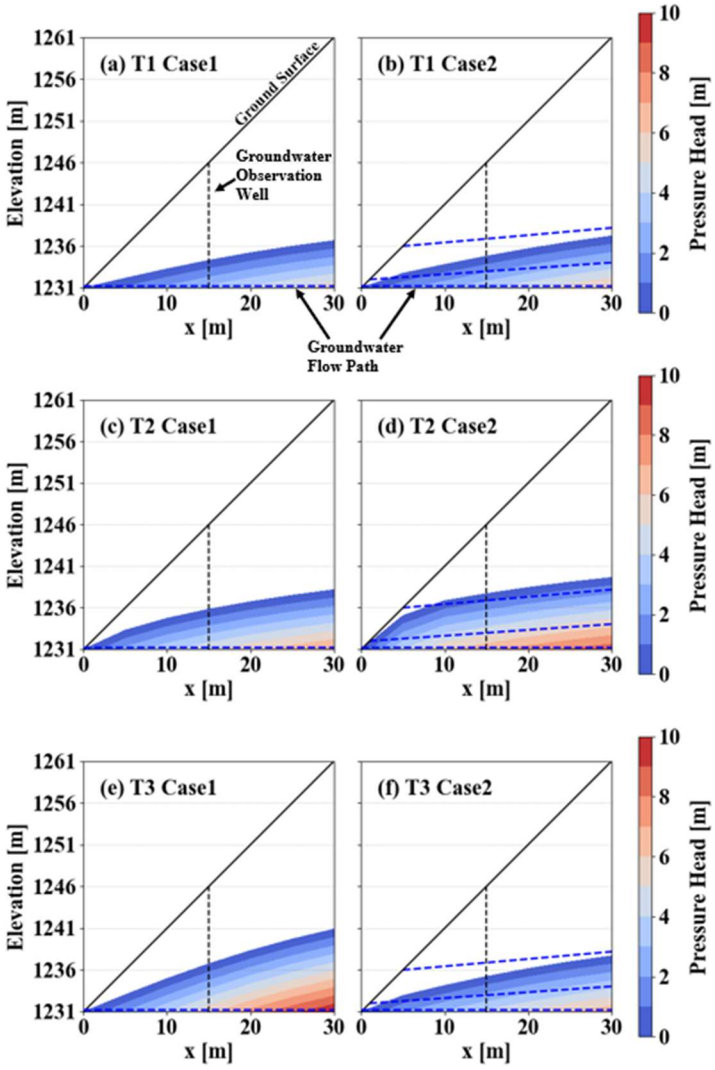

図-4
時刻 T1～T3 における圧力水頭分布の計算結果

【参考文献】

Sidle, R. C. and Chigira, M.(2004)：Landslides and debris flows strike Kyushu, Japan. EOS, 85, p.145-151.