

山体基岩内の断層ガウジによる遮水構造の数値解析を用いた検討

京都大学大学院農学研究科 ○岡本相大・正岡直也・小杉賢一郎

1. 背景と目的

近年、線状凹地に代表される重力変形地形と深層崩壊の関連が示唆されている。¹⁾ そのため深層崩壊の発生機構の解明や発生予測に向けて、重力変形地形の分布する流域の基岩内水文特性を把握することが必要である。京都大学葛川観測サイト（堆積岩地質）では花折断層に並走する複数の線状凹地が存在し、断層ガウジと呼ばれる粘土鉱物の発達によって遮水効果が起こる特徴的な水文特性が推測されている。²⁾

本研究では数値解析を用いることで、山体内部の断層ガウジによる遮水構造が地下水面分布に与える影響を数値実験的に検討することを目的とした。

2. 対象地と方法

浸透計算ソフトウェア HYDRUS 2D (version 5.0) を利用し、京都大学葛川観測サイトを対象としたモデル化を行った。当流域には高密度にボーリング孔が掘削され、恒常的な地下水観測が実施されている。

2.1. 地形のモデル化

当流域の斜面中腹から斜面下端まで、2つの線状凹地をまたぐ地形（図1）に対して深さ70mの断面を計算対象領域とした。また、線状凹地の分布から断層が存在すると想定される位置に、地表面から20m以深に断層の領域を設定した。（図2）

この領域に対して断層の影響度ごとに、(i)断層部に基岩層と同じ透水性を与えた場合、(ii)断層部を完全に不透水とした場合、(iii)断層を難透水性の粘土層とした場合の3種類の透水性分布を設定した。

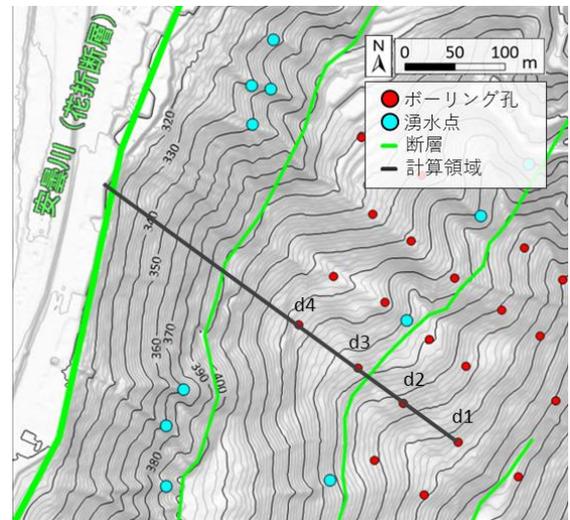


図1 対象流域の地形図

（正岡ら(2022)より引用，一部改変）

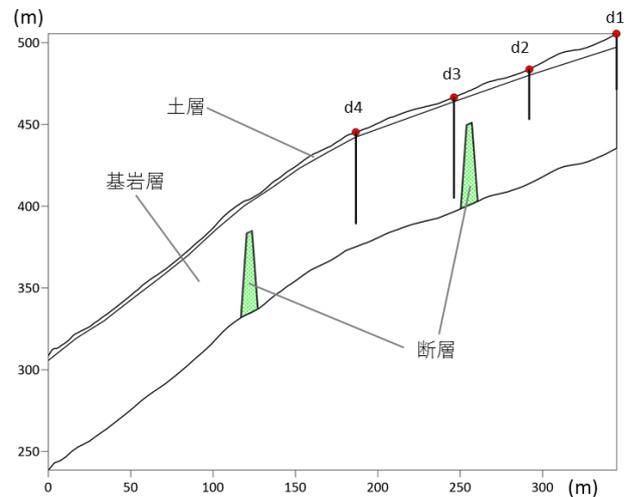


図2 計算対象領域

土壌水分特性には対数正規分布モデル (Kosugi, 1996) を用いた。表1中の θ_s , θ_r , ψ_m , σ , K_s はそれぞれ飽和及び残留体積含水率、有効飽和度 0.5 となるときにの圧力水頭、孔隙径分布の幅を表すパラメータ、飽和透水係数である。

土層、基岩層には先行研究で花崗岩流域の風化度DH級のボーリングコアサンプルから計測され

た平均値⁴⁾を、また粘土層には HYDRUS 内蔵のサンプル値を用いた。(表 1)

表 1 計算に用いた土質パラメータ

	θ_s	θ_r	$-\psi_m(\text{cm})$	σ	$Ks(\text{cm/s})$
土層	0.626	0.284	17.9	1.84	6.9×10^{-2}
基岩層	0.212	0.164	34.3	1.15	1.3×10^{-4}
断層	0.36	0.07	140538	4.50	5.6×10^{-6}

2.2. 初期条件と境界条件

領域底面は不透水の境界とし、領域下端は滲出面条件とした。領域上端のボーリング孔底 (d1) に水位の実測値 (2016/8/26/16:00) を与え、降雨入力を与えずに、定常化するまで 10 年の計算を実施した。また、初期条件としては計算対象領域全体に一律に圧力水頭-75 cm を与えた。

3. 結果と考察

数値解析による計算結果の圧力水頭が 0cm となった面と、ボーリング観測によって得られた実測の地下水面を比較した結果を以下に示す。(図 3)

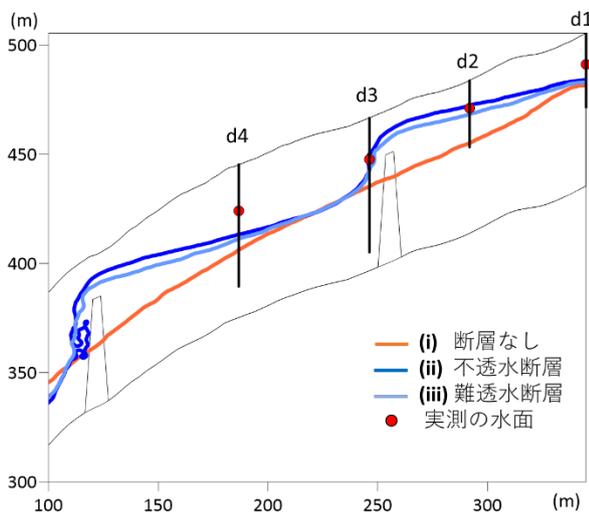


図 3 数値解析の結果と実測の地下水面

断層ガウジの影響を考慮しなかった場合、(i)のように斜面に平行な形の地下水位が推定されたが、断層の影響を考慮した場合は、(ii), (iii)のように断層周辺で水位の堰上げが見られた。

(ii), (iii)の結果に大きな違いは見られなかったが、断層部に少し透水性を与えた(iii)のほうが水位が低くなる傾向が見られた。

特に d2, d3 孔においては、(ii)の結果が実測の地下水位とほとんど一致した。断層ガウジによる遮水構造をかなり高い精度で再現することができていると考えられる。

しかし、d4 孔においては、d2, d3 孔に比べて実測の地下水位とは差が開く結果となった。これは実際の斜面では斜面下の断層において、今回のモデルよりも強い遮水効果が起こっている可能性を示唆している。

4. まとめ

線状凹地を含む領域の数値解析において、断層の影響を考慮しなかった場合と比べ、断層の影響を考慮した場合のほうが実測の地下水位に近い水面を再現することができた。これは先行研究で示唆されていた断層ガウジによる遮水構造が裏付けられる結果となった。

今後は断層の高さ、厚さの設定を再検討した上で、降雨時のボーリング水位波形の再現性を検討していく。

参考文献

- 1) 千木良雅弘ら. (2012). 2011 年台風 12 号による深層崩壊. 京都大学防災研究所年報, 55(A), 193-211.
- 2) 正岡直也ら. 砂防の観測の現場を訪ねて 3 ～水の動きの不思議～, 砂防学会, p.115-124, 2022.
- 3) Ken'ichiro Kosugi. (1996). Lognormal distribution model for unsaturated soil hydraulic properties. Water Resour. Res. Vol. 32, 2697-2703.
- 4) Shin'ya Katsura, et al. (2009). Hydraulic Properties of Various Weathered Granitic Bedrock in Headwater Catchments. Vadose Zone Journal, Vol. 8, 557-573.