風化砂岩と風化泥岩の互層を有する斜面に対する集中豪雨時の雨水の浸透シミュレーション 第亚部門

大阪大学大学院	学生会員 C	田木	陽平	大阪大学大学院	正会員	小田	和広
大阪大学大学院	正会員	小泉	圭吾	大阪大学大学院	学生会員	伊藤	真一

### 1. はじめに

近年、局所的な集中豪雨が多発し、それによる土砂災害も発生している.地球温暖化の影響から、今後も集中 豪雨が多発することが予測される。集中豪雨による斜面災害の発生メカニズム解明のためには、集中豪雨時にお ける斜面内の水分挙動を明らかにする必要がある.一方,実斜面は複雑な地層構成を有する場合がある.このよ うな斜面では、層毎の雨水浸透特性の違いによって、斜面全体での雨水浸透挙動は大きな影響を受けるものと考 えられる.本研究では、風化した砂岩と泥岩の互層を有するとある道路斜面について、集中豪雨時の雨水浸透挙 動を数値解析によってシミュレートし、その特徴を解明することを目的としている.

# 2. HYDRUS<sup>1)</sup>の特徴

本研究では、数値解析ツールとして飽和・不飽和浸透流解析コード HYDRUS<sup>1)</sup>を用いた. HYDRUS では、不 飽和状態に対しては、間隙水に対する連続式から導かれる Richards の方程式を解いている. また以下の van Genchten モデルによる水分特性曲線と透水係数の式が適用されている.

 $S_e = (\theta - \theta_r) / (\theta_s - \theta_r) = \{1 + (-\alpha \psi_m)^n\}^{-m}$ (1)

 $k = k_s \times S_e^{l} \{1 - (1 - S_e^{1/m})^m\}^2$ (2)

$S_e$ : 有効飽和度	$oldsymbol{ heta}$ :体積含水率	$\theta_r$ :残留体積含水
$\alpha$ , $n$ : $n : n > y - y$	k:透水係数	$k_{i}: 飽和透水係数$

#### 3. 解析対象斜面の概要とその数値モデル化

図-1 は解析対象斜面を示している. 解析対象斜面はとある 高速道路沿いの切土斜面である. 斜面の後背地では複数の亀 裂が確認され、斜面右下では過去に小規模な崩壊が発生して いる. 土質特性を把握するため, この斜面では S-1 から S-10 の各点で簡易動的コーン貫入試験が行われた.数値解析にあ たっては、S-3 から S-6 の断面を対象とし、それを断面二次 元でモデル化した.

図-2 は当該斜面の地層構成を示している. 地層構成は、斜 面法肩で行われたボーリング調査の結果を元に決定された. 斜面中腹が砂岩と泥岩の互層で形成されているのが、本斜面 の大きな特徴である. 簡易動的コーン貫入試験における打撃 回数を換算することによって得た換算 N 値が 10 となった深



 $\theta_{s}$ : 飽和体積含水  $\Psi_{m}$ : サクション l: n = 1 - 1/n

図-1 解析対象斜面の特徴

度を風化表土と基盤の境界とした. 図-3 は解析モデルを模式的に示している. 解析では風化表土層のみを解析対 象とした. 中腹のコンクリートで覆われた小段の部分を除き, 斜面表層を降雨境界とした. それ以外の小段の部 分と風化表土と基盤との境界は不透水境界とした.表-1 は解析に用いた van Genchten モデルにおける材料パラメ ータを示している.ところで、当該斜面が存在する地域において特別警報発令の基準となる3時間降雨量<sup>2)</sup>は 150mm である. これを基に, 想定する集中豪雨として 50(mm/h)の雨を3時間与えることとした.

Yohei USUKI, Kazuhiro ODA, Keigo KOIZUMI, Shinichi ITO yusuki@civil.eng.osaka-u.ac.jp

解析時間は,降雨3時間,降雨終了後の経時変化を観察するため降 雨終了後21時間の計24時間に設定した.

表−1 va	1 Genchten モデルにおける材料パラメータ
--------	---------------------------

土の種類	$\theta_r$	$\theta_s$	α	п	$K_s(m/sec)$	l
風化砂岩	0.054	0.48	0.407	3.43	$1.51 \times 10^{-4}$	0.5
風化泥岩	0.091	0.47	0.0133	1.41	1.01×10 <sup>-7</sup>	0.5

## 4. 解析結果

図-4 および図-5 は、降雨終了時および降雨終了後 21 時間経過後 (解析終了時)の体積含水率の分布を示している.降雨終了直後、斜 面上部の厚い風化砂岩層における体積含水率は顕著に増加している. このことから、設定した降雨のようにその強度が非常に強い場合で もほとんどの雨水がこの部分に浸透していることが分かる.一方, 降雨終了後 21 時間経過後では、斜面上部の厚い風化砂岩層の体積 含水率は顕著に低下している. そして, この層の下の風化泥岩層の 体積含水率が増加している. つまり、斜面上部の厚い風化砂岩層に 含まれていた雨水が、この層の下の風化泥岩層に浸透したものと考 えられる.また、法肩及び法尻に位置する均一な風化泥岩層に比べ、 互層部分の風化泥岩層の体積含水率は、降雨終了時から高い値を示 している. すなわち、風化砂岩と風化泥岩の互層という地層構成で は、風化砂岩層から風化泥岩層に雨水が供給され、短期的な集中豪 雨でも風化泥岩層にも雨水が浸透すると考えられる。よって、風化 砂岩と風化泥岩の互層を有する斜面では、集中豪雨時に互層部分が 脆弱化し、降雨時早い段階で斜面崩壊の危険性が高くなると考えら れる. また, 斜面上部の厚い風化砂岩層のような, 集中豪雨でも多 くの雨水が浸透する地層が存在すると、その層から斜面内に水分が 供給されることになり、降雨後崩壊の危険が高くなることが示唆さ れる.

## 5. まとめ

本研究では、風化砂岩と風化泥岩の互層を有する斜面に対し、集 中豪雨時における雨水浸透シミュレーションを行った.その結果、 風化砂岩と風化泥岩の互層のような地層構成では、風化砂岩層から 雨水が浸透するため、短期間の集中豪雨でも互層内の風化泥岩層の 体積含水率が増加する可能性が高いことが分かった.すなわち、風 化砂岩と風化泥岩の互層を有する斜面は、潜在的に崩壊の危険性の 高い斜面であることが示唆される.

#### 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.
- 2)気象庁,特別警報の発表基準について,2014 年現在,気象庁
  HP: <u>http://www.jma.go.jp/jma/index.html</u>



図-5 解析終了時の体積含水率分布図