

災害予測のための危険雨量指標の高精度化に関する研究

呉工業高等専門学校 学生会員 ○鹿瀬一希
呉工業高等専門学校 正会員 加納誠二

1. 諸 言

斜面の安定性を議論するときには、地下水位や地盤の飽和度を把握しておくことが重要である。ところが、地下水位を各地点で調べるためには、現地で観測が必要であり、経費がかかってしまうため、一般的には雨量情報を用いて危険度予測が行われている。こうした、降雨量による危険性評価指標として、タンクモデルを用いた土壌水分量¹⁾や佐々木らの危険雨量指標²⁾などがある。これらの指標は過去の災害履歴をもとにしているが、これらの指標と地下水位の関係はまだ明らかになっていない。

本研究では、一次元浸透流解析をもとに地下水位と雨量指標の関係について検討した。

2. 斜面崩壊危険予測のための雨量指標

2.1 雨量指標 R'

今回は、斜面崩壊危険予測のための雨量指標として雨量指標 R' を用いた。先行降雨の時間的低減を考慮した雨量指標 R_{fw} ²⁾をもとに、危険度とともに上昇する雨量指標 R' を次式(1)のとおり定義する。

$$R' = R_{fw0} - R_{fw} \quad (1)$$

ただし、 R_{fw0} ：原点0と基準点 $B(R_1, ar_1)$ の距離

また、 R_{fw} は次式のように定義する。

$$R_{fw} = \sqrt{(R_1 - R_w)^2 + a^2(r_1 - r_w)^2}$$

ただし、 R_w ：長期実効雨量 (mm)

r_w ：短期実効雨量 (mm)

R_1 ：座標上の横軸基準点

r_1 ：座標上の縦軸基準点

a ：重み係数

3. 平成 25 年 8～9 月の豪雨災害

平成 25 年 8 月 31 日～9 月 5 日に、中国地方の山陰から山陽にかけて記録的な降雨を記録した。

表 1 は被害が見られた地域近傍で観測された降雨記録の時間最大雨量と降り始めからの連続雨量と R' である。海堀ら³⁾は広島県南部では、土石流に対して、 R' が 250mm 程度になると斜面崩壊が発生する危険性が高いとしているが、広島県北部および東広島では、これを下回る値で

斜面崩壊が発生した。これらの理由の一つの要因として、地盤条件の違いが挙げられる。そこで本研究では、地盤条件を変えると地下水位はどのように形成されるか一次元浸透流解析を行った。

表 1 時間最大雨量と連続雨量

	時間雨量(mm/h)	連続雨量(mm)	R' (mm)
庄原	15	195	136
東広島	19	278	175
三次	24	399	213

4. 地下水位の推定方法

通常、斜面地盤内は不飽和状態であるので、非定常不飽和・飽和浸透流解析を用いる必要がある。本研究は式(2)に示す Richards の提案した一次元非定常不飽和浸透流の方程式⁴⁾を基礎方程式として、差分法により数値解析を行った。

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] \quad (2)$$

ここで、 θ ：体積含水率、 z ：基準面からの高さ h ：マトリックポテンシャル、 K ：透水係数である。

また、本研究では、不飽和浸透特性を表現する関数モデルとして、飽和・不飽和浸透流解析などで最も広く用いられている van Genuchten の提案したモデル¹⁾ (以下 VG モデル) を採用して、検討した。van Genuchten は水分特性曲線の推定式として、有効飽和度 Se を用いた式(3)(4)を提案した。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (0 \leq Se \leq 1) \quad (3)$$

$$S_e = \{1 + |\alpha \psi|^n\}^{-m} \quad (\alpha \geq 0) \quad (4)$$

ここで、 Se ：有効飽和度、 θ_s ：飽和体積含水率、 θ_r ：残留体積含水率、 ψ ：サクション、 α ：定数、 n ：定数、 m ： $1-1/n$

解析モデルは表層 1 m の砂地盤とした。表 2 に今回用いた地盤条件について示す。また、降雨パターンは 20mm/h、40mm/h、80mm/h の 3 パターンを用いた。

表2 地盤条件

	θ_r	θ_s	α	n	K_s	Q_{out}
①	0	0.48	0.005	6	0.005	-0.000005
②	0	0.48	0.01	6	0.005	-0.000005
③	0	0.48	0.015	6	0.005	-0.000005
④	0	0.48	0.03	6	0.005	-0.000005
⑤	0	0.48	0.015	4	0.005	-0.000005
⑥	0	0.48	0.015	8	0.005	-0.000005
⑦	0	0.48	0.015	10	0.005	-0.000005

5. 結果

図1にケース③, 図2にケース⑦のときの地下水位の経過変化を示す。このように, パラメータが変わると地下水位の形成過程も異なることが分かる。

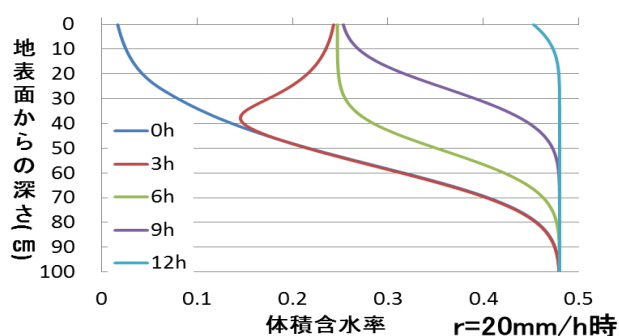


図1 時間雨量 20mm での地下水位の形成過程 (ケース③)

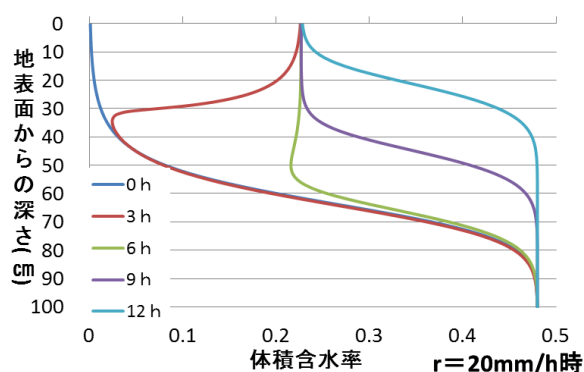


図2 時間雨量 20mm での地下水位の形成過程 (ケース⑦)

今回は, 地下水位に及ぼす地盤条件の影響について検討するため, $R'=250\text{mm}$ となった時刻での地盤中の水分量について検討した。ここで, α , n の地下水位に及ぼす影響を調べるため, x 軸に α および n のパラメータを取り, 図3, 4に α , n の地下水位形成の $R'=250\text{mm}$ となった時点の地下水位を示す。これより同じ $R'=250\text{mm}$ でも地盤条件によって全く分布が異なることが分かる。これより, 本来, 同じ R' であるということは, 斜面の崩壊危険度も同じであり, 地下水位も等しいと考えられるが, 地盤条件や降雨強度が異なると, 地下水位も異なる

ことが分かった。来年度は, 今回の解析を元に室内実験を行い, また, 攪拌されていない自然状態である現地で実験を行い, 雨量指標と地下水位の関係について検討していきたい。

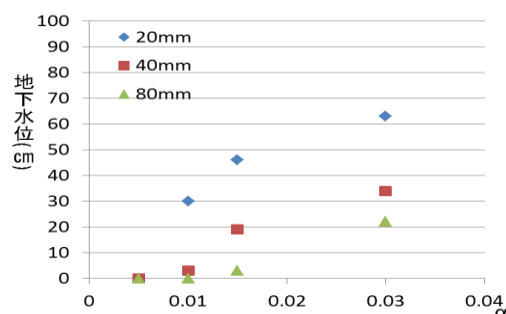


図3 α による地下水位形成の違い

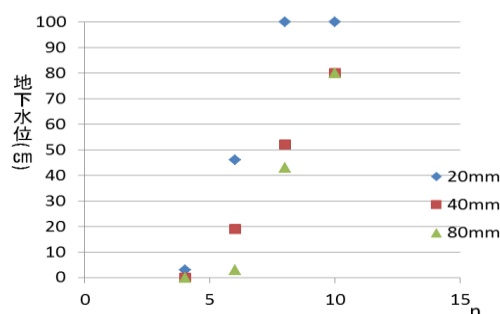


図4 n による地下水位形成の違い

参考文献

- 1) van Genuchten, M. TH. 1980. A closed form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. Soil Sci. Soc. Am. J.44:892-898.
- 2) 佐々木康・森脇武夫・加納誠二・白石芳樹(2001): 1991年の広島県斜面災害をもたらした降雨特性と警戒・避難のための雨量指標, 土と基礎, 49(7)
- 3) 海堀正博・中井真司・佐々木康・森脇武夫(2004): 警戒・避難のための雨量指標の改良(危険雨量指標 R_f の再吟味と R' の提案)広島大学工学研究科研究報告・第53巻・第一号
- 4) Richards, L.A.: Capillary Conduction of Liquids in Porous Mediums, Physics 1, pp318-333, 1931.