雨量指標と地下水位の関係に関する研究

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
中国高圧コンクリート工業株式会社　小川翔生

１．はじめに

広島県南部は花崗岩が広く分布し、その風化花崗岩であるまさ土が地表付近を覆っている。まさ土は雨水が浸透すると見かけの粘着力を失うため、しばしば降雨による斜面崩壊が引き起こされている。また、近年の地球温暖化に伴って、ゲリラ豪雨と称される局地的な豪雨や勢力の強い台風が襲来する回数が増え、斜面崩壊の危険性も高い。

通常斜面崩壊の危険性の予測は降雨量から判断されている。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。しかし斜面崩壊の安定性には地下水位が関係しているが、そ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。

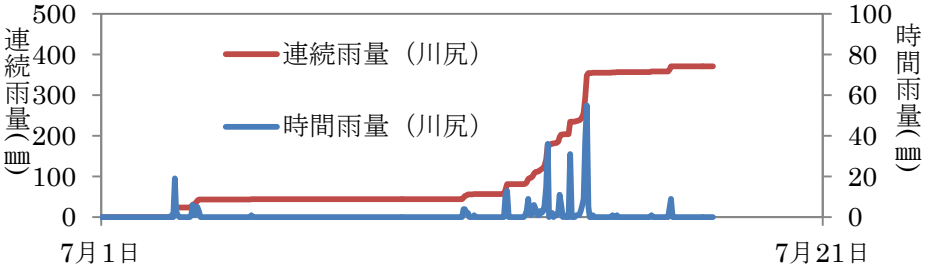

図-1　降雨記録

そこで、本研究では一次元浸透流解析を用いて、地下水位と雨量指標との関係について検討した。

２．平成 22 年 7 月 12 日~14 日の災害

平成 22 年 7 月 12 日~14 日にかけて、広島県上空に梅雨前線が停滞し、県南部を中心に豪雨が降った。その影響で呉市、東広島市、世羅郡などで斜面崩壊が発生している。**図-1** はその時の呉市川尻町の降雨記録である。**表-1** 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である。これより 1 時間あたり 29~56mm/hr、降り始めてからの連続雨量が 266~327mm の強い降雨が観測されている。**図-2** は同じく呉市川尻町の時間雨量と連続雨量の関係をしめす。

表 - 1　時間最大雨量と連続雨量

	時間最大雨量(mm)	連続雨量(mm)
世羅	29	266
川尻	55	327
安浦	56	304

この記録をもとに佐々木らの提案している雨量指標 R'を計算して見ると、R'は 252~325 ㎜となったことがわかる。海堀らは過去の記録から広島県南部では R'が 250 ㎜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[3)]、今回の降雨でも同じような降雨であったことがわかる。また平成 11 年 6 月 29 日に広島県西部を襲った豪雨災害では、R'は 325 ㎜程度で、今回の災害ではそれに近い結果であった。

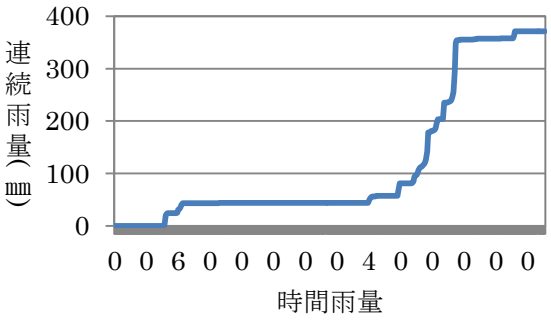

図-2　時間雨量と連続雨量の関係

３．浸透流解析を用いた地下水位と雨量指標の検討

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(１)に示す Richards の提案した一次元非定常不飽和浸透流の式[4]を基礎方程式として、差分法により数値解析を行った。

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

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である。

著者らによる報告[5]によれば、崩壊した現場は層厚が約１m 前後の表層崩壊が多かったことから、解析モデルは表層１m の砂地盤とした。土の水分移動特性関数には VG モデルを用いるが、現場の水分特性曲線が得られていないので、Thi Ha が行ったまさ土斜面での現地観測データをもとに、VG モデルのパラメータ等を決めた。解析に用いたパラメータは θ_r：0、θ_s：0.48、α：0.015、n：6、m：0.83　ϕ_0：-30、ϕ_i=n：-130、K_{sat}：0.015、Q_{out}：-0.000005 である。

本研究では、**図－３**に示すように異なる経路を辿る降雨が生じた場合の地下水位の形成過程について検討した。**図－４**に R’=250 ㎜となった時の地盤内の含水比率分布を示す。この図から経路が異なると含水率分布も異なり、地下水位も異なることがわかる。したがって、同じ雨量指標 R’としても斜面の危険性が異なっていることがわかる。

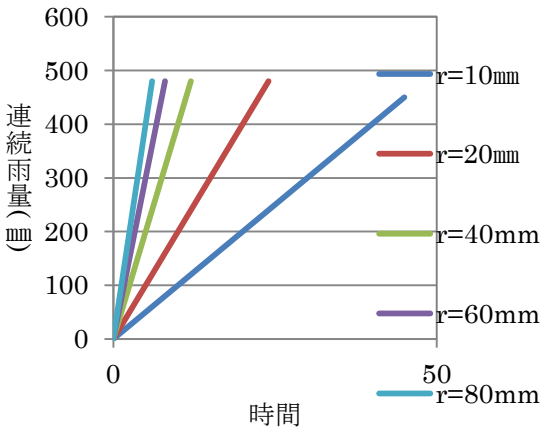

図-3　地下水位形成過程

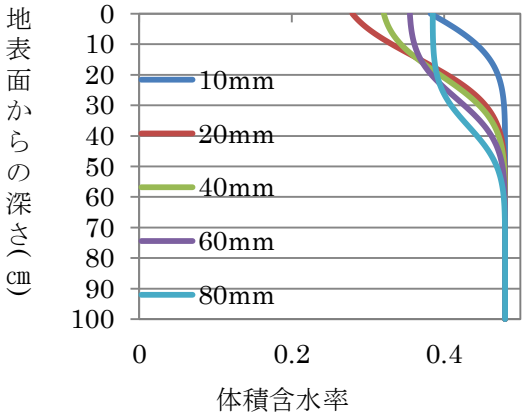

図-4　R'=250mm時の含水比率分布

４．まとめ

雨量データから R’を求めれば斜面崩壊の要因となる地下水位を推定できれば、斜面崩壊の危険度予測を向上させることができる。本研究では雨量指標と地下水位の関係について検討した。その結果、同じ R'=250mm でも時間雨量によって形成される地下水位が変わっており、R’から単純には地下水位を予測することができないということが分かった。また、弱い雨を長時間降らすのと、強い雨を短時間降らすのではつぎの時間に降る雨による崩壊の危険性が異なり R’の持っている意味が違ってしまう。R’を斜面崩壊の危険予測に用いるには更なる検討が必要であると考えられる。特に崩壊地点の地盤の地形条件などを詳細に検討する必要がある。

５．参考文献

1) 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　3) 海堀正博・中井真司・佐々木康(2004)：警戒・避難のための雨量指標の改良、平成 15 年度広島大学地域貢献特別支援事業、地域防災ネットワーク構築事業成果報告書、pp.118-200　4) Richards, L.A.：Capillary Conduction of Liquids in Porous Mediums, Physics 1, pp318-333, 1931.　5) 社会法人土木学会中国史部：平成 22 年 7 月中国地方豪雨災害調査報告書