

平成26年8月広島土砂災害における斜面崩壊メカニズムの考察

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○岩井 鉄平
 呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫
 呉工業高等専門学校 正会員 加納 誠二
 神戸大学大学院 学生会員 鹿瀬 一希

1. はじめに

平成26年8月19日から20日にかけて広島県広島市では1時間降水量, 3時間降水量, 24時間降水量において観測史上1位となる猛烈な雨が降り, 広島市安佐北区, 安佐南区において同時多発的に大規模な土石流が発生した. この土石流は山裾に広がる住宅地を直撃し, 死者74名に上る非常に大規模な土砂災害となった. 本災害現場は, まさ土地盤や流紋岩・ジュラ紀付加体地盤が入り組み, 非常に複雑な地質構造を形成しており, このような地盤では災害の予測や防止, 被害の軽減技術はいまだ確立されていないのが現状である. そこで本研究では今後の調査研究や災害被害の軽減に役立つことを目的として, 被害の最も大きかった安佐南区八木地域における土石流源頭部において試料採取し, 密度試験, 粒度試験, 透水試験, 一面せん断試験を行い, 物理学的・力学的特性を明らかにする. また, 降雨記録を用いた飽和・不飽和浸透流解析を行い, 求めた地盤の諸条件と斜面の安定解析をもとに本災害における斜面崩壊メカニズムについて検討する.

2. 室内試験結果

八木地域におけるいくつかの地点より採取した試料を用いて, 粒度試験を行い, 粒径加積曲線を求めた. 求めた粒径加積曲線を図1に示す. これより, 粒径が約0.001mmから10mm以上まで幅広く分布しているが, これは風化の度合いによって粒径が大きく異なる風化土の特徴である. 風化土地盤では風化の進行速度が場所によって大きく異なるため, 粒度分布に局所的な変化も見られる. また, 平成11年6.29災害における災害現場の土砂より得られた粒径加積曲線も合わせて図中に示している¹⁾. これと比較すると今回の災害現場の方が, 細粒分が多いことから, 風化の進行した風化土地盤であることが分かる.

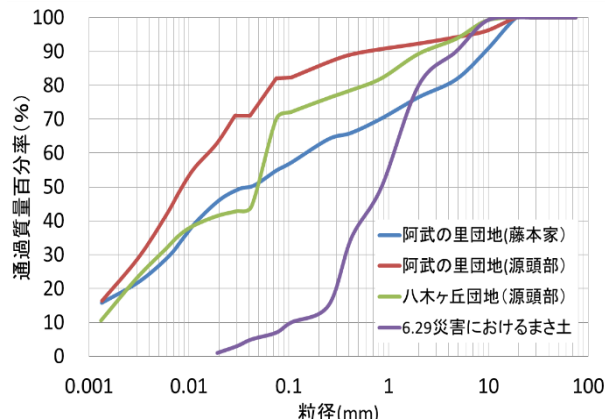


図1 粒径加積曲線

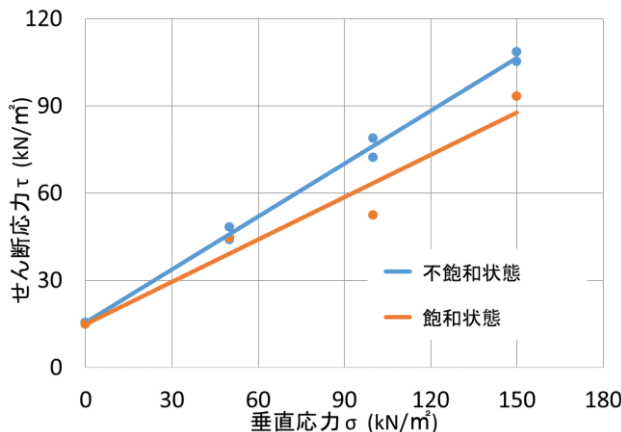


図2 飽和・不飽和状態における破壊曲線

土石流源頭部においてチューブサンプリング法で不攪乱試料を採取し, 室内で不飽和状態及び飽和状態の試料での一面せん断試験を実施した. 図2に得られた破壊曲線を示す. 不飽和状態の試料では $c=15.5\text{kN/m}^2$, $\phi=39.8^\circ$, 飽和状態の試料では $c=14.8\text{kN/m}^2$, $\phi=30.3^\circ$ の結果が得られた. 6.29災害における試料の強度定数は $c=0\sim 7\text{kN/m}^2$, $\phi=30^\circ$ 前後であり¹⁾, 内部摩擦角に大きな差はないが, 粘着力においては本現場の試料が大きく上回っている. また, 飽和状態においては c がほとんど減少しておらず, 飽和度の増加に対する強度の低下は小さく, 降雨に対して比較的強度のある地盤であることが分かった.

キーワード 平成26年8月広島土砂災害, 豪雨, 浸透流解析, 斜面崩壊, パイプフロー

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校環境都市工学分野 TEL0823-73-8478

3. 浸透流解析結果

次に八木ヶ丘団地の土石流源頭部における降雨の一次元飽和・不飽和浸透流解析を行った。本研究では式(1)に示す Richards の提案した一次元非定常不飽和浸透流の方程式²⁾を基礎方程式として、差分法により数値解析を行った。

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

ここに、 θ : 体積含水率, z : 地表面からの深さ

h : マトリックポテンシャル, K : 透水係数

源頭部より採取した試料のふるい分け試験の結果、砂質シルトであったので、本研究では既往の参考文献³⁾から van Genuchten の提案した Loamy Sand のモデルパラメータ [θ_r : 5.7, θ_s : 41.0, α : 0.124, n : 2.28, m : 0.63, Q_{out} : -5.0×10^{-6} cm/s] を用い、飽和・不飽和一次元浸透流解析を行った。なお、水分特性曲線の推定式としては、van Genuchten の提案した式(2)及び式(3)を用いた。

$$S_e = \frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} \quad (0 \leq S_e \leq 1) \quad \dots (2)$$

$$S_e = \{1 + |\alpha \phi|^n\}^{-m} \quad (\alpha \geq 0) \quad \dots (3)$$

ここに、 S_e : 有効飽和度, θ_s : 飽和体積含水率

θ_r : 残留体積含水率, ϕ : サクシヨン

α : 定数, n : 定数

$m=1-1/n$ ($0 < m < 1$, $n > 1$)

また、現場調査の結果をもとに、表層厚は 1.5m とし、降雨強度は崩壊発生時刻の 9 時間前の雨量から実際の雨量と同じものを使用した。解析結果を図 3 に示す。これより、崩壊発生時において地表から 50cm 程度は飽和に近いもののそれ以深の部分では依然として不飽和状態であることが分かった。

4. 安定解析結果

以上の室内試験及び浸透流解析、現地調査より求められた結果を用いて斜面の安定解析を行い、安全率を求めると $F_s=1.43$ となり、崩壊しないことが分かった。また、地盤全体が飽和した状態として安定解析を行ったが結果は $F_s=1.24$ となり、この地盤では飽和状態においても斜面崩壊が発生しないことが分かった。これより、平成 26 年 8 月広島土砂災害における土石流が生じた原因は地盤の地表からの降雨浸透による表層崩壊ではなく、他に原因があることが予想される。

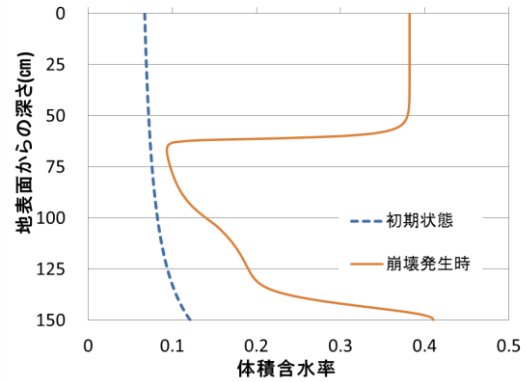


図3 地表面からの深さ－体積含水率曲線

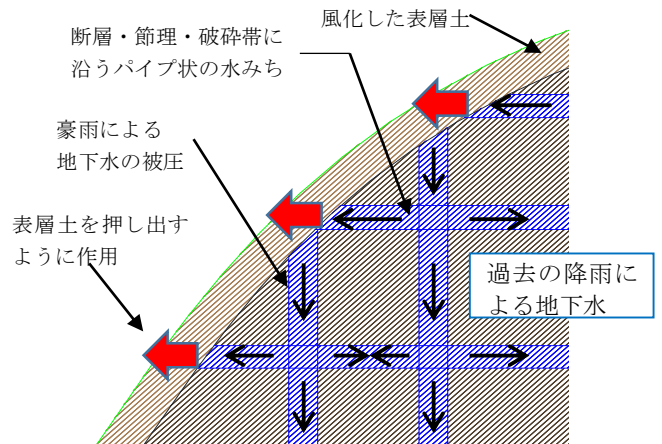


図4 斜面不安定化のイメージ図

4. 土石流発生原因の考察

本災害における斜面崩壊の原因として、被圧地下水による間隙水圧の増加が考えられる。土石流源頭部の崩壊壁面には多くのパイプフローの痕跡が確認された。土砂災害発生現場においては 2 か月前からの多量の降雨により、断層、破砕帯、節理に形成されたパイプ状の水みちには多くの地下水が存在していたと推定される。この状態で今回の豪雨が発生し、水みち内の地下水が上方に降った大量の降雨によって被圧され、被圧された地下水が表層土を押し出すように作用したと推測される(図4)。これが平成 26 年 8 月広島県土砂災害を引き起こした斜面崩壊の発生原因であると考えられる。

参考文献

- 1) 地盤工学会中国支部：まさ土の風化及び降雨浸透特性に関する報告書, pp11-13, 2003.
- 2) Richards, L.A.: Capillary Conduction of Liquids in Porous Media, Journal of Applied Physics 1, pp.318-333, 1931.
- 3) van Genuchten, M.Th.: A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Science Society of American Journal 44, pp.892-898, 1980.