

平成 26 年広島土砂災害の発生原因に関する一考察

神戸大学大学院 ○学生会員 鹿瀬 一希

呉工業高等専門学校 正会員 森脇 武夫・加納 誠二

呉工業高等専門学校 学生会員 岩井 鉄平

1. 目的

平成 26 年 8 月 19 日から 20 日にかけて広島県広島市では猛烈な雨が降り、1 時間降水量(mm/h)、3 時間降水量(mm)、24 時間降水量(mm)という観測史上 1 位の値を更新した。この豪雨により、広島市安佐北区可部、安佐南区を主として同時多発的に大規模な土石流が多数発生した。この土石流は住宅地を直撃し、死者 74 名に上る非常に甚大な土砂災害となった。本災害における被害の多くは土石流及び斜面災害によりもたらされたが、本災害現場は花崗岩や、流紋岩、ジュラ紀の堆積岩からなる複雑な地質をしている。そこで本研究では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現地調査や試料採取を行い、室内にて、密度試験、粒度試験、透水試験、一面せん断試験を土石流発生源頭部の試料に行い、物理学的・力学的特性を求めた。また、現地の詳しい状況を知るために現地調査を行い、求めた地盤の諸条件と、強度定数や透水係数などの試験結果より、飽和不飽和一次元浸透流解析を行い、平成 26 年 8 月広島土砂災害における斜面崩壊のメカニズムについて検討した。本研究では Richards の提案した一次元非定常不飽和浸透流の方程式¹⁾を基礎方程式として、差分法により数値解析を行った。

2. 結果および考察

2.1 室内試験

採取した試料を用いて、粒度試験より粒径加積曲線を求めた。結果を図 1 に示す。これより、粒径が約 0.001mm から 10mm 以上と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。また、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が見られる。平成 11 年 6.29 災害における災害現場の土砂の粒径加積曲線も合わせて図中に示している。これを比較すると今回の災害現場の方が細粒分が多いことが分かる。

現場から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 1、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 $c=14.8\text{kN/m}^2$ 、 $\phi=30.3^\circ$ の結果であった。6.29 災害における試料の強度定数は $c=0\sim7\text{ kN/m}^2$ 、 $\phi=30^\circ$ 前後であり²⁾、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 6.29 災害における試料の場合 c は 0 付近まで著しく減少するが、本災害の試料では c がほとんど減少していない。したがって、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。今回の結果をまとめると、一面せん

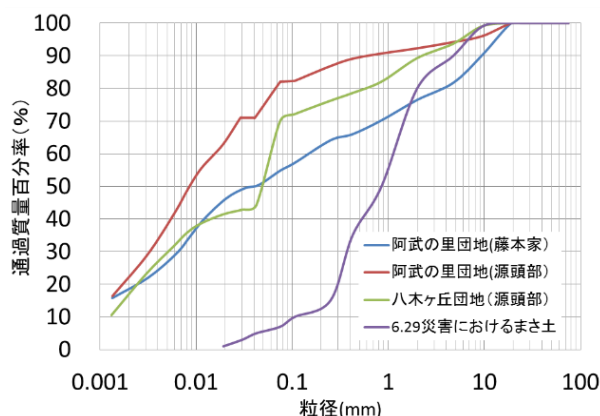


図 1 粒径加積曲線

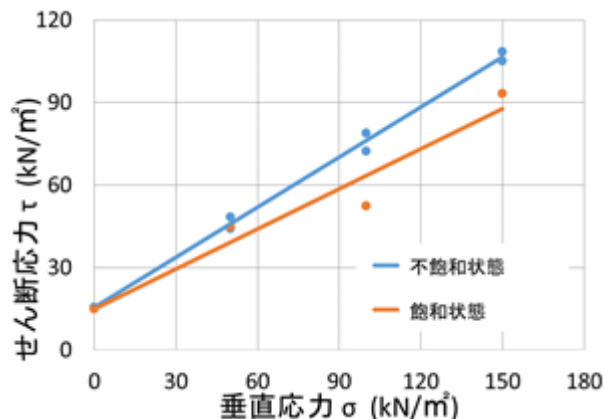


図 2 不飽和状態における破壊曲線

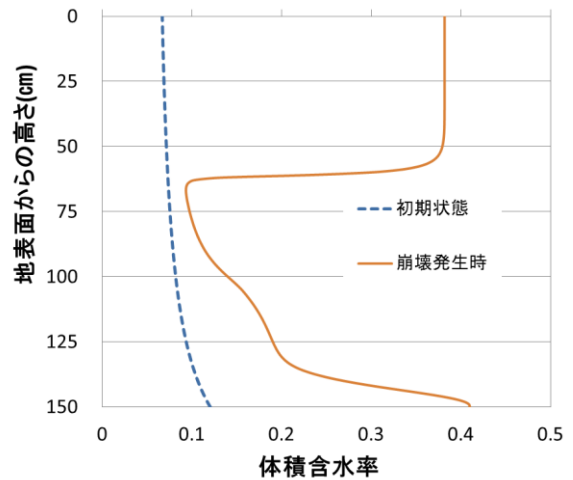
キーワード 平成 26 年広島土砂災害、一面せん断試験、浸透流解析、地下水、パイプフロー

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2 丁目 2 番 11 号 呉工業高等専門学校環境分野 TEL0823-73-8477

断試験の結果より、本現場の試料の強度は地下水が地表面まで上昇した飽和状態でも斜面崩壊しないほどの強度を有していた。

2.2 飽和不飽和一次元浸透流解析

次に浸透流解析を行うが、対象土の水分特性曲線が得られていない。そこで、八木ヶ丘団地源頭部の現場試料の粒度試験から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 Loamy Sand の VG モデルのパラメータを用い飽和不飽和一次元浸透流解析を行った。また、透水試験の結果より $K_{sat}(cm/s)$: 0.0003 を用いた。解析に用いたパラメータは $\theta_r(\%)$: 0.057, $\theta_s(\%)$: 0.41, α : 0.124, n : 2.28, m : 0.63, $Q_{out}(cm/s)$: -5.0×10^{-6} である。また、現場調査の結果をもとに、表層は 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った。図 3 に解析結果を示す。このように解析では、崩壊発生時において地表から 50cm 程度は飽和するもののそれ以降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。



3. 土石流発生原因の考察およびまとめ

飽和不飽和一次元浸透流解析より、今回の降雨では層全体が飽和しないこと、一面せん断試験および安定解析から地表面まで飽和しても崩壊しないことが分かった。以上の結果より、崩壊原因には別の要因があったと考えられる。今回の災害における斜面崩壊の原因の一つとして、被圧地下水による間隙水圧の増加が大きく影響していると考えられる。土砂災害発生現場においては 2 か月前からの大量の降雨により、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、その結果、パイプ状の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。また、斜面内に多くのパイプフローの痕跡がみられることから被圧地下水の作用により、斜面が不安定な状態となり、土砂災害が発生したと予想される。(図 4)

また、これより、土石流の発生原因は地表面からの降雨浸透のみによる表層崩壊ではなく、地盤内の地下水が大量の降雨によって被圧されたと推定され、これが平成 26 年 8 月広島県土砂災害の原因であると考えられる。

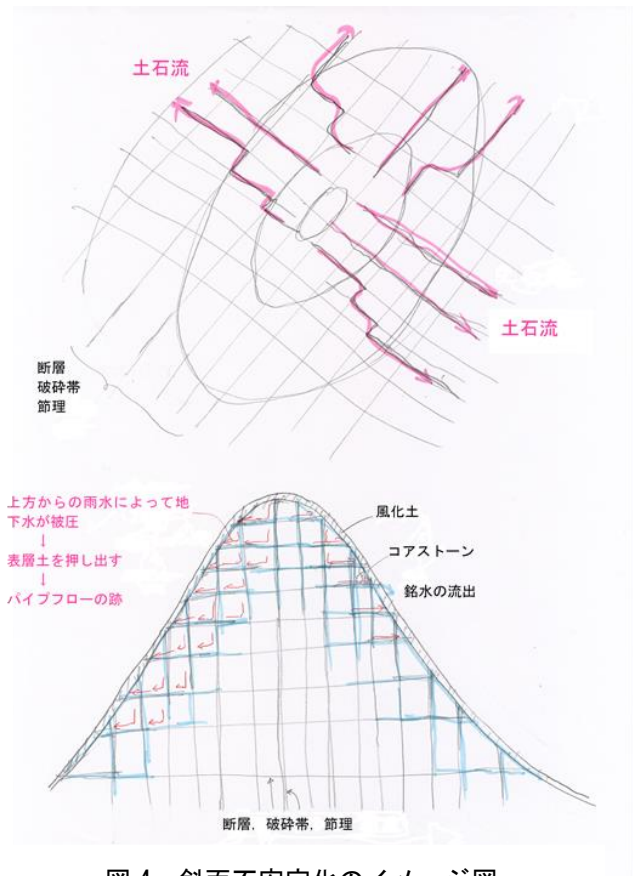


図 4 斜面不安定化のイメージ図

参考文献

- 1) Richards, L.A. (1931) : Capillary Conduction of Liquids in Porous Mediums, Journal of Applied Physics 1, pp.318-333
- 2) 地盤工学会中国支部 (2003) : まさ土地帯の風化及び降雨浸透特性と斜面災害に関する報告書 pp.11-13
- 3) van Genuchten, M.T.H. (1980). A Closed-form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils, Soil Science Society of America Journal 44, pp.892-898