

豪雨時の山地斜面での雨水浸透機構と斜面崩壊の発生確率に関する研究

中電技術コンサルタント (株) 正会員 ○小橋 力也
 広島大学 正会員 内田 龍彦
 (株) 東京建設コンサルタント 正会員 梶 昭仁

(一財) 河川情報センター 正会員 北 真人
 広島大学 フェロー会員 河原 能久
 (株) 東京建設コンサルタント 正会員 宮田 英樹

1. 序論

頻発する土石流災害の被害を軽減するためには、雨水の浸透過程に着目した斜面崩壊機構の解明をし、それを踏まえた予測手法を確立することが重要である。これまでに、山地斜面におけるパイプ流が斜面崩壊や土石流の発生に大きな影響を及ぼしていることが指摘されているが、パイプ流の発生条件やその斜面安定性評価における取り扱いについては未解明な部分が多い¹⁻³⁾。そこで、本研究では、パイプ流の発生する山地斜面での雨水浸透過程を解明するとともに斜面崩壊の予測手法を提案することを目的とする。

2. 現地観測と結果

平成 26 年 8 月広島豪雨時に土石流が発生した広島市安佐北区可部町の高松山を観測場所とし、雨量計、TDT 式土壤水分計、圧力式水位計を設置した。図-1 に示すように、5 箇所に集中観測地点 (M1, M2, M3, J2, I2) を設けた。土壤水分計は各地点で 3 深度 (GL-30 cm, GL-60 cm, GL-90 cm) に設置した。パイプ流の発生位置を把握するために、山地斜面の岩の直上に水位計を源頭部周辺に 14 箇所設置した。図-2 に観測期間中の日雨量を示す。平成 30 年 7 月豪雨以外には大雨はなかった。平成 30 年 7 月豪雨時 (7 月 5 日 0:00 から 7 月 7 日 11:00) における源頭部直上 M1 地点での体積含水率を図-3 (b)、M1 地点の地中温度と M1, M2 地点の地下水位の時間変化を図-3 (c) に示す。M1 地点では地下水位が急激に上昇し、その影響を受けて土壌が下方から湿潤し、飽和状態となった。M1 地点の下流に設置したインターバルカメラにより、地下水位の急激な上昇とほぼ同時刻に、パイプ流によって源頭部付近の土粒子が下流に輸送されたこと、その前後において源頭部縦断方向の地下水流 (M2 から M1 地点への浸透流) の水理特性に変化があったことが分かっている。

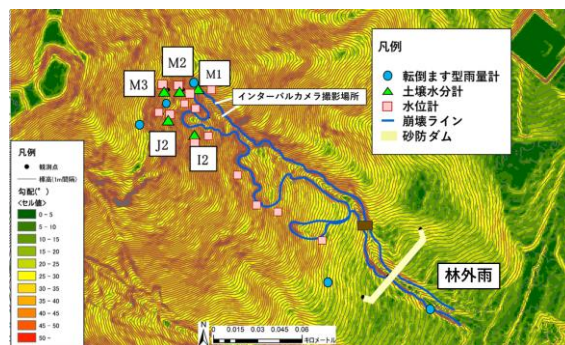


図-1 観測機器の設置地点

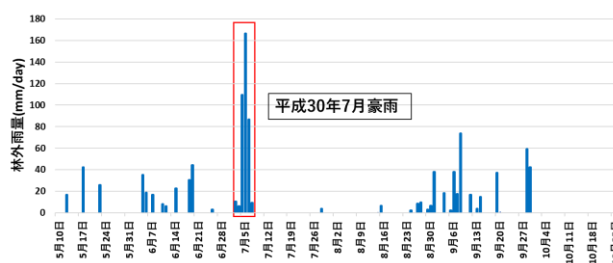
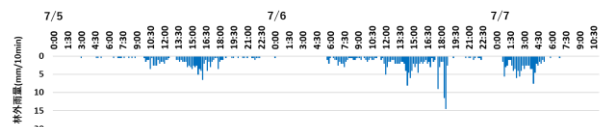
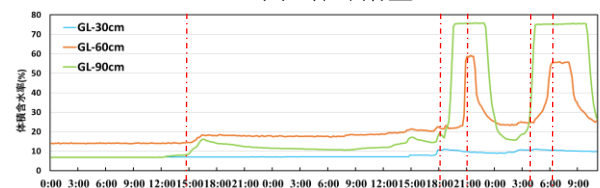


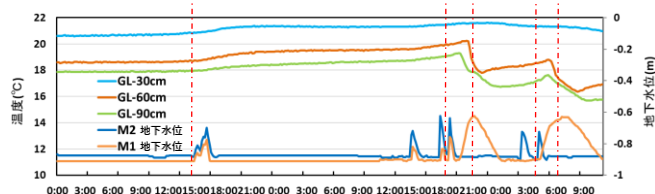
図-2 観測期間中の日雨量



(a) 林外雨量



(b) M1 地点の体積含水率の時間変化



(c) M1 地点の地中温度と M1, M2 地点の地下水位の時間変化

図-3 M1, M2 地点の観測結果

キーワード 体積含水率, パイプ流, 地下水, 雨量指標, 林外雨

連絡先 〒739-8527 広島県東広島市鏡山 1-4-1 広島大学大学院工学研究科 社会基盤環境工学 専攻事務室 TEL : 082-424-7819

また、図-3 (c) に示すように、M1 地点において、土壌の温度が高い表層からの鉛直浸透とは異なり、地下水位の上昇とともに急激な温度低下を示した。

3. 土石流発生危険度の予測

平成 26 年 8 月の広島豪雨後に測定した LP データから作成した DEM 上に地下水位観測地点をプロットしたところ (図-4)、地下水位が上昇した 4 地点はいずれも落水線上に位置した。このことから、パイプ流は土石流発生前の地形の落水線上において特に水が集中しやすい場所にあると考えられる。

この結果を踏まえ、土石流の危険度評価を検討する。具体的には、山地斜面において雨水が集中し、斜面に不安定性をもたらす場所を地形データ (落水線) と斜面崩壊実績から解析し、斜面ごとの雨量特性と比較する。図-5 は水分峡における検討結果である。災害前の落水線によって土石流の発生する根源となった斜面崩壊の位置を大まかに捉えている。これにより、平成 30 年 7 月豪雨時において、流域毎に土石流発生箇所の源頭部数を落水線の源頭部数で除したものを土石流発生確率と定義し、中井⁴⁾によって提案された雨量指標 R' と比較した。図-6 の横軸は R' の最大値を代表値 $R'=250\text{mm}$ で無次元化している。 R' の最大値は土石流発生箇所の源頭部地点の XRAIN データより算出されたものであり、1 つの流域における選択された源頭部の全ての平均値となっている。比較地点は高松山と平成 30 年 7 月豪雨により被害を受けた東広島市や呉市を含めた 7 地点である。各地域の名称の下には下流端の流域面積を示す。この比較から雨量指標 R' がある値を超えると流域ごとの土石流発生確率は急激に高くなると考えられる。

4. 結論

現地観測により斜面崩壊の源頭部において、豪雨時にパイプ流が発生し、地下水位が急上昇した。これは表層土下部で強い間隙水圧が作用することを示し、斜面の不安定性をもたらすと考えられる。パイプ流は雨水が集中する場所で発生すると考えられ、災害前の落水線から斜面崩壊危険箇所を大まかに捉えられることを示した。さらに、降雨データから雨量指標 R' を算出することで刻々と変化する土石流発生確率 (危険度) を定量的に評価できる可能性を示した。また、地中の温度変化を計測することは地下水の挙動を検討できると考えられる。

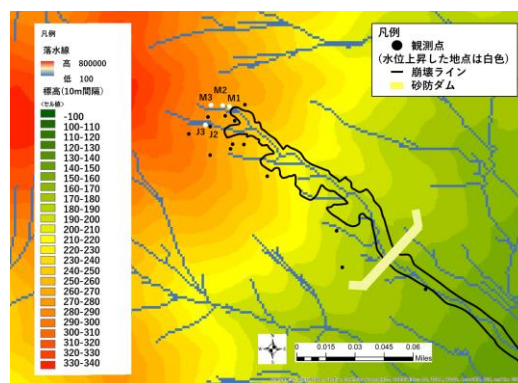


図-4 広島豪雨災害後

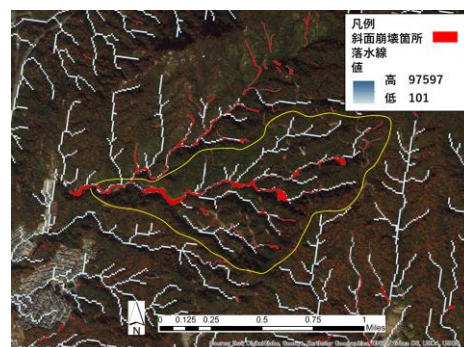


図-5 平成 30 年 7 月豪雨前の落水線と斜面崩壊場所

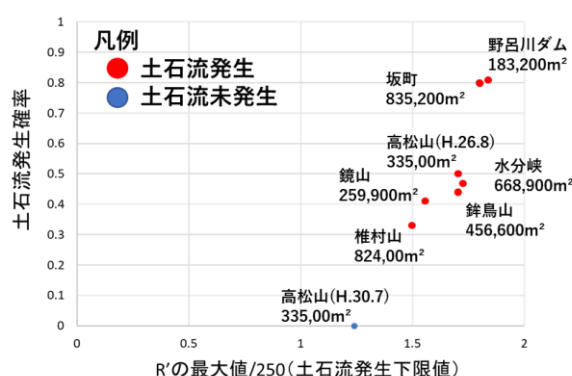


図-6 R' の最大値と土石流発生確率

参考文献

- 1) 内田太郎, 小杉賢一郎, 大手信人, 水山高久: パイプ流が斜面安定に与える影響, 水文・水資源学会誌, Vol.9, No.4, pp. 330-339, 1996.
- 2) Pierson, T. C. : Soil pipes and stability, Q. J. Eng. Geol., 16, pp. 1-11, 1983.
- 3) 寺尾晃平, 内田龍彦, 梶昭仁, 宮田英樹, 河原能久: 土砂災害危険区域の林地斜面における降雨の浸透・流出過程の解明, 河川技術論文集, 第 24 巻, pp. 439-444, 2018.
- 4) 中井真司: 地域ごとの降雨特性に着目した土砂移動現象の発生予測に関する研究, 広島大学博士論文, 2010.