

地震動による土壌の保水性・透水性の変化が降雨流出に及ぼす影響

京都大学大学院農学研究科 ○村上智哉・小杉賢一朗・正岡直也

1. はじめに

近年、大規模な地震が頻発しており、それらに起因する多様な土砂移動現象が甚大な土砂災害をもたらしている。また、地震後は地震前と比較して小規模の降雨によって斜面崩壊や土石流が発生していることがこれまでに多数報告されている。このことから、強い地震動は地盤の物理的特性の変化を引き起こし、地震後の降雨による土砂移動現象に長期的に影響を及ぼしていることが推測される。土砂災害の危険箇所や危険度を予測し適切な対策を実施するためには、地震がその後の降雨による土砂移動現象に及ぼす影響を考慮する必要があるが、それらを定量的に評価した研究事例は少ない。

そこで本研究では、平成 28 年熊本地震において地震動を受けた山地斜面を対象として土壌の降雨浸透過程の解析を行い、地震動が土壌の降雨浸透特性に及ぼす影響を考察した。

2. 方法

平成 28 年熊本地震において強い地震動を受けた大分県内の 2 つの山地斜面(A 地点、B 地点とする)を解析対象地とした(図-1)。



図-1 A 地点、B 地点の位置

この地震において観測された各地点の最大の震度はそれぞれ 5.9、4.1 であった。両地点とも

に、地質は中期更新世の非アルカリの苦鉄質火山岩類で、植生はスギ林であった。各地点で 3 深度(10~15cm、30~35cm、50~55cm)の土壌サンプルを、1 深度につき 6 個(2 地点×3 深度×6 サンプル、計 36 個)採取した。

実験室において、pF 試験により保水性を、飽和透水試験により透水性をそれぞれ計測した。pF 試験は加圧板法で行った。まず土壌サンプルを水で飽和させ、それらを加圧容器内に入れて、 $\Psi = -10$ 、 -20 、 -30 、 -50 、 -70 、 -100 、 -200 、 $-500(\text{cm})$ の定常空気圧を加え、段階的に排水させた。そして、それぞれの定常状態時の重量から体積含水率を算出し、水分特性曲線を作成した。飽和透水試験は、水で飽和させた土壌サンプルの上にスタンドパイプを設置して水を注ぎ、時間の経過に伴う水位の低下を観測する変水位透水試験で行った。

計測結果を用いて、リチャーズ式に基づいた降雨浸透過程の数値シミュレーションを行った。設定斜面は水平長 10m、傾斜 30° の斜面を 3 層(上から厚さ 20cm、20cm、60cm)に区分し、各層に計測結果から得られた土壌パラメータを設定した。初期条件として、斜面内に一様に $\Psi = -10\text{cm}$ を与えた。境界条件は、上端と下面が不透水で、上面が降雨入力点、下端が流出点とした。また、入力降雨には、48 時間の排水後、24 時間の降雨があり、最後に再び 24 時間排水させるものを用いた。

また、比較対象として、地震動による大きな影響を受けていないと考えられる森林斜面(C 地点とする)で計測された既存研究のデータ(塚本, 1992; 片桐, 1999)を用いて同様の数値シミュレーションを行った。

3. 結果

飽和透水試験の結果、A 地点、B 地点の土壤サンプルは、典型的な森林土壤（C 地点）と比較して透水係数が全体的に低い傾向にあった。さらに、A 地点の透水係数の鉛直分布において、地表付近の透水係数が深い部分と比べてかなり低いという特異性が見られた。B 地点では深度 30～50cm 辺りの層が実質的に不透水層であるといえるほど透水性が低かった。（図-2）

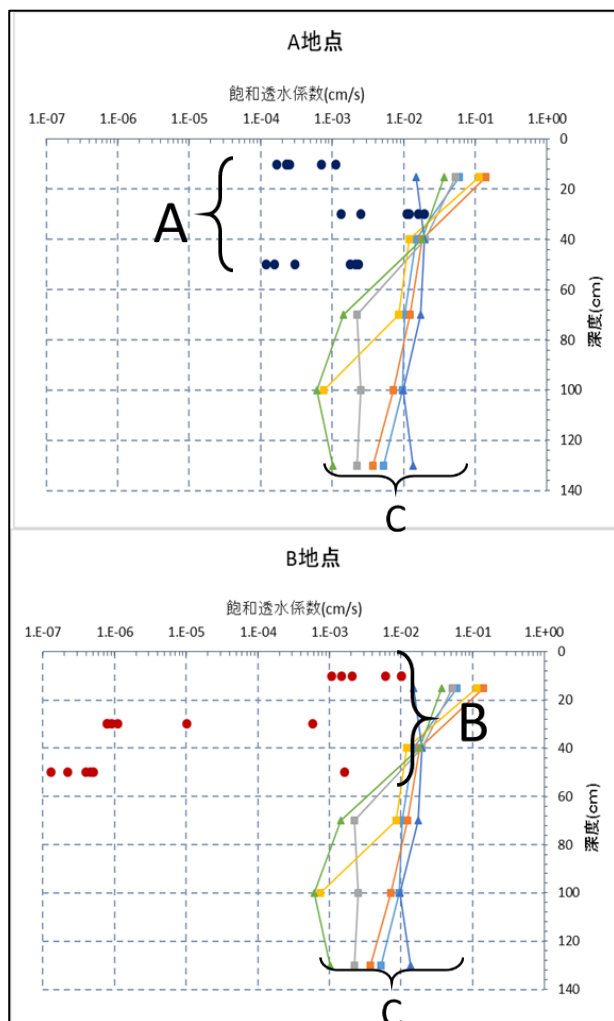


図-2 A・B 地点と典型的な森林土壤（C 地点）の
飽和透水係数の比較

また、降雨浸透過程の数値シミュレーションの結果、比較対象である C 地点の土壤パラメータを用いたケースでは地中流による流出のみが生じたのに対し、A 地点、B 地点の土壤パラメータを用いたケースでは地表流による流出が生じた。（図-3）

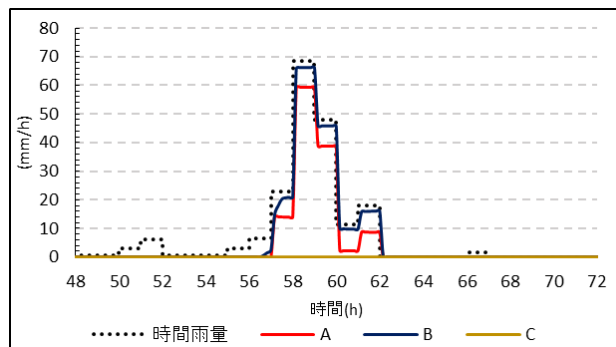


図-3 数値シミュレーションにおける各地点の地表流の流量

4. 考察

まず、飽和透水試験の結果に見られた、A 地点と B 地点の地表付近の透水性の低さについて考察する。これは、もともとの土壤の地質的な要因による透水性の低さに加え、地震動を受けて透水性が下がった可能性がある。地震動により透水性が下がるメカニズムとしては、地震動により土粒子間の骨格構造が破壊され、攪乱状態となって土壤の粗大孔隙が減少するということが考えられる。

次に A 地点、B 地点の土壤パラメータを用いた数値シミュレーションにおいて生じた地表流について考察する。A 地点のケースでは、表層の透水性が低いため、降雨が土壤の浸透能を上回ることにより生じるホートン型地表流が生じ、B 地点のケースでは、不透水層が浅い位置にあるため浅い位置に地下水帯が形成され、一度地中に浸透した水が再び地表に出てくる復帰流型の地表流が生じていると考えられる。地表流の発生は、表面侵食による土砂生産や土石流の発生につながるおそれがある。

以上のことから、地震動には土壤を攪乱する作用がある可能性があり、地震が土壤の浸透能の低下・地表流の発生につながり、その後の土砂生産量の増加や土石流の発生に影響を及ぼす可能性があることが示唆された。

引用文献

- 1) 森林水文学, 塚本良則 編, 1992, p139
- 2) 片桐真, 東京農工大学修士論文, 1999, pp. 105