

集中豪雨を想定した地盤内浸透流の一次元流れに関する模型実験

長崎大学工学部 学生会員 ○池田 翔 長崎大学大学院 フェロー会員 蔣 宇静
長崎大学大学院 正会員 大嶺 聖 正会員 杉本知史 学生会員 東 幸宏
長崎大学大学院 学生会員 吉田徳美 学生会員 秋元一郎太 学生会員 石田純平

1. はじめに

近年の環境問題の一つとして、異常気象の問題が深刻化している。局地的な集中豪雨や梅雨時期の長雨が頻発しており、平時安定している斜面でも豪雨や長雨による雨水浸透により崩壊する事例が多く起きている¹⁾。斜面の崩壊は人命に関わる重大な事故に繋がる可能性が非常に高く危険である。崩壊する斜面の特定や崩壊後の挙動が予測可能ならば、事前に適切な対策をとることができ、防災の面で大きな社会貢献ができると考えられる。

本研究は、集中豪雨時の斜面の地盤内浸透流が地盤に与える影響を一次元流れにより検証し、実験によって得られた結果を基に実際の斜面モデルにおける浸透流による崩壊の予測解析²⁾に役立てる。

2. 模擬不攪乱試料の透水性

不攪乱状態の地山の土は、室内で模型実験に使用する攪乱状態から再構築した土とは力学的性質が大きく異なる。そのため、実地盤を想定した模型実験を行う上で、その再現性には不明な点を抱え、より不攪乱状態に近い試料で実験を行うことが望ましい。しかし、この実験では不攪乱状態の試料を模型実験として準備する必要があるが、現実には困難である。石田ら³⁾は、より不攪乱状態に近い性質の模擬試料を検討した結果、攪乱試料に石膏を添加することによってより不攪乱に近い性質の模擬試料を作製し、三軸圧縮試験によって、粘着力の向上を確認した。

本研究では、この試料の透水性を明らかにするため、変水位透水試験を行った。石膏を添加した場合としない場合での透水係数は、それぞれ $k=1.8\times10^{-5}$ m/sec、 $k=3.1\times10^{-6}$ m/sec であった。この透水試験の結果から、石膏を添加しない場合より石膏を添加した場合のほうが透水性は向上した。この理由として、石膏を添加することにより、土の細粒分同士が団粒化し、土粒子間に空隙が発生してみずみちができたためと考えられる。

3. 一次元流れ模型実験の概説

本研究では、雨水浸透流が地盤に与える影響の実際の挙動を把握するため、一次元流れを再現した透水試験を実施する。一次元流れを再現した模型実験器具を図-1に示し、実験器具の構造に関しては図-2に示す。供試体の寸法は内径 280mm、高さ 500mm とし、含水比を 11% としたまさ土を用いる。石膏を加えるケースと加えないケースとで同等の締固めエネルギーとなるように、締固めて一次元流れを再現した供試体を作成する。

給水方法は降雨強度を調節した流量の水を供試体上部から給水する。給水量は集中豪雨を想定して降雨強度を 50mm/h、25mm/h 相当に設定し、底面の境界条件は下部のコックを用いて排水、非排水を制御する。

間隙水圧を計測する間隙水圧計とサクションを計測するテンションメーターは供試体中央部と下部の 2 箇所に設置する。実際の地盤環境下では過剰間隙水圧が発生し

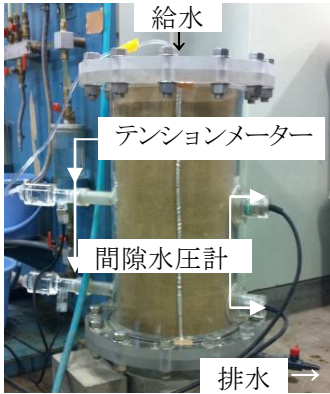


図-1 一次元流れを再現した模型実験器具

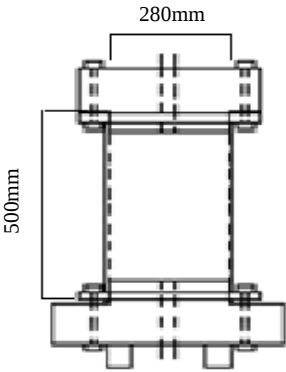


図-2 実験器具の構造

表-1 実験ケース

Case	降雨強度 (mm/h)	石膏の添加 割合 (%)	底面の 排水条件
1	25	5	非排水
2	50	5	非排水
3	50	0	非排水

ていることから、下部間隙水圧計で非排水時に最下部まで水が浸透した際の過剰間隙水圧を測定し、中央部間隙水圧計においては水圧の変動を測定する。実験のケースは表-1 に示したように合計 3 ケースである。

4. 実験結果と考察

Case1 と Case2 のサクシオンと間隙水圧の経過時間の変化の関係を図-3.1 (a)、(b) に示す。同じ透水係数と同じ底面の境界条件のもと、降雨量を 50mm/h、25mm/h として比較した。降雨量が多い 50mm/h に比べ降雨量が少ない 25mm/h は、サクシオンや間隙水圧の発生時間と収束時間が遅くなっている。降雨強度を変えてもサクシオンや間隙水圧の最大値は概ね同等程度であるが、降雨が浸透する速度が変化したことが分かる。また、浸透流が供試体中央部に達したとみられる時点で、そのサクシオンが低下しても間隙水圧は変化しなかったが、下部に達して下部のサクシオンが低下したときに間隙水圧が変化したことが読み取れる。これは、浸透流が供試体底面に達した時点で供試体全体が飽和状態に達したことを示唆していると考えられる。

次に Case2 と Case3 のサクシオンと間隙水圧の経過時間変化の関係を図-3.2 (a)、(b) に示す。石膏を添加することにより透水係数が異なり、底面は非排水、降雨量 50mm/h とした実験ケースで比較した。その結果、サクシオンの大きさの違いが顕著に表れた。これは石膏を添加することによって透水係数が増加し、石膏を添加しないケースと比較して透水係数が 10 倍の違いがあり、それがサクシオンに直接関係していると考えられる。また、間隙水圧は石膏を添加するケースとしないケースを比較して間隙水圧の発生時間が異なるが最終的に収束する値はあまり変化しないことが分かった。

5. おわりに

変水位透水試験では、石膏を添加すると、石膏を添加しない場合よりも透水性が向上した。また、一次元流れ模型実験では、降雨強度を変えることにより、降雨が浸透する速度が変化したが、サクシオンや間隙水圧の値自体にはほとんど変化が見られず、石膏を添加する量を変えることによる間隙水圧は最終的に収束する値の変化があまり見られなかった。

参考文献

- 1) 地盤工学会九州北部土砂災害調査団:平成 21 年 7 月九州北部豪雨による土砂災害状況の緊急報告, 報告会資料, 2009.
- 2) 吉田徳美他:集中豪雨による浸透流が地盤内応力に与える影響に関する基礎的研究, 平成 23 年土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.309-310, 2011.
- 3) 石田純平他:まさ土の模擬不攪乱資料に関する基礎的研究, 平成 24 年土木学会西部支部研究発表会講演概要集, pp.539-540, 2012.

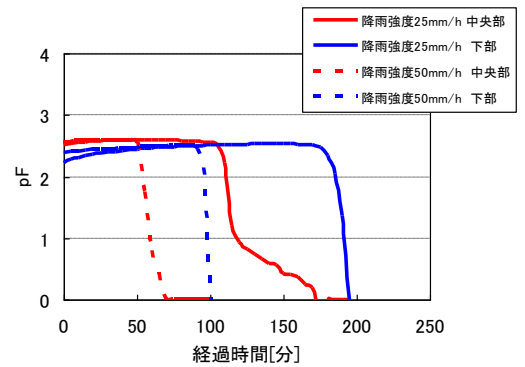


図-3.1 (a) サクシオンの経時変化

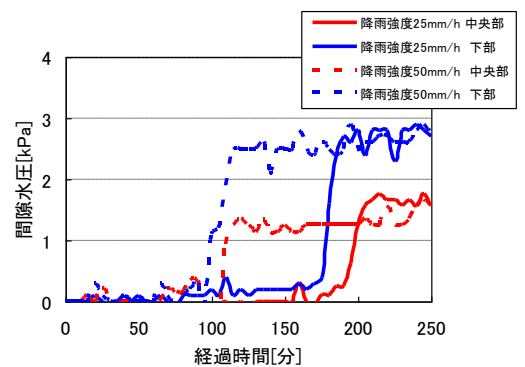


図-3.1 (b) 間隙水圧の経時変化

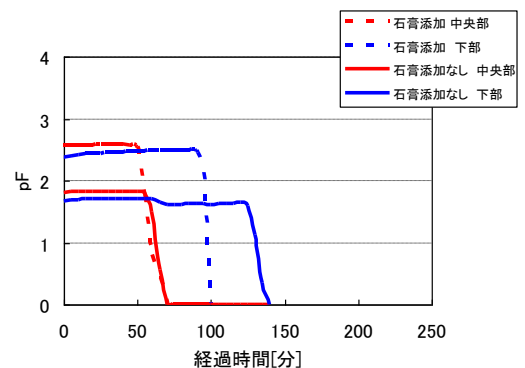


図-3.2 (a) サクシオンの経時変化

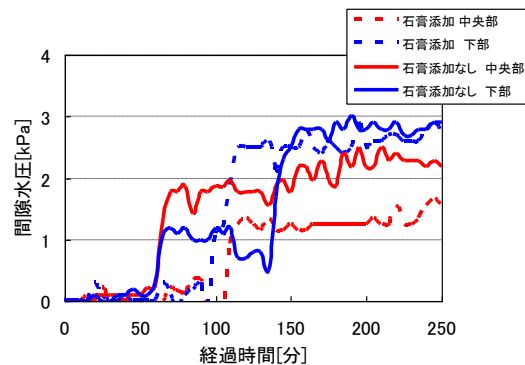


図-3.2 (b) 間隙水圧の経時変化