

先行降雨がキャピラリーバリアの遮水性に与える影響

京都大学大学院
京都大学大学院

学生会員
フェロー会員

○澤田 茉伊
三村 衛

1. はじめに

キャピラリーバリアは、細粗粒土からなる二層地盤の層境界に現れる遮水層であり、土の浸透特性を活かした雨水浸透抑制方法として期待されている。著者らは、これを古墳墳丘の修復・保存に活用することを目的に、遮水のメカニズムを明らかにし、地盤と降雨条件が遮水性に与える影響を調べるため、模型実験とその再現解析に取り組んできた。本稿では、これをもとに、キャピラリーバリアを屋外環境で用いる上での基礎的検討項目として、先行降雨が遮水性に与える影響について検討する。

2. 模型実験と再現解析

模型実験は、細粗粒土からなる二層の模型地盤に一定降雨を与えて、各層の下流端からの流出量と地盤内の飽和度を測定するものである。模型地盤の概要を図-1に、用いた細粗粒土の粒径加積曲線と透水係数をそれぞれ図-2、図-3に示す。地盤と降雨の条件を変えた4ケースを実施したところ、下層への浸透量は、傾斜、上層厚、降雨強度に依存する結果を得た(表-1)。

実験は二次元 FEM を用いた浸透流解析(解析コード: AC-UNSAF2D)により定量的に再現した。遮水は、先行研究(例えば2)-4)において、上下層のサクシジョンの差、全水頭の差、透水係数の差に起因すると考えられている。再現解析をもとに考察したところ、これらのうち、本研究で観察された遮水は、透水係数の差で最も適切に説明することができた。図-4は、各ケースの解析で得た中央測線上(図-1参照)の定常時の透水係数の分布である。表-1の定常時の下層からの流出量と照らし合わせると、遮水は層境界において下層の透水係数が上層に比べて大幅に小さく、下層への浸透量が無視しうほど微小な状態に相当すると考えられる。なお、ケース3については、下層からの流出量が突出しているが、これは排水口の流出条件が傾斜に強く依存するためである。

3. 先行降雨がバリアの遮水性に与える影響

上記の実験と解析では、定常降雨下での遮水性に着目したが、屋外の断続的に降雨がある環境下では、先行降雨による地盤の浸潤が以降の降雨に対する遮水性にどのように影響するのか把握

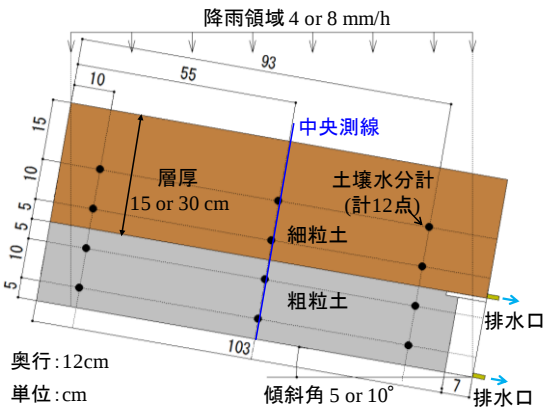


図-1 模型地盤の概要

表-1 模型実験の条件と結果

ケース	傾斜角 (度)	上層厚 (cm)	降雨強度 (mm/h)	下層流出／ 浸透量 (%)
1 (基準)	10	30	4.1	0
2 (降雨2倍)	10	30	8.6	48
3 (傾斜1/2)	5	30	4.1	100
4 (層厚1/2)	10	15	4.3	9

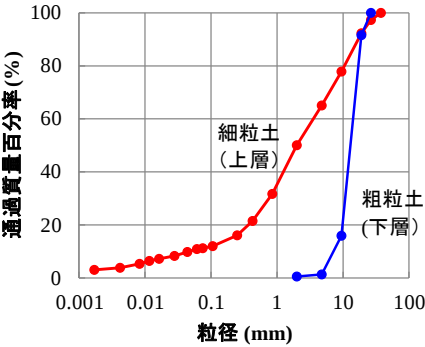


図-2 細粗粒土の粒径加積曲線

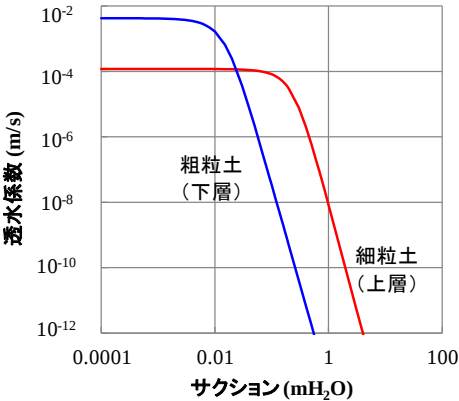


図-3 細粗粒土の透水係数

キーワード キャピラリーバリア, 雨水浸透, 不飽和透水係数, 先行降雨, 浸透流解析
連絡先 〒615-8540 京都市西京区京都大学桂 C1-2 京都大学大学院工学研究科 TEL 075-383-3306

握しておく必要がある。そこで、地盤条件がケース1もしくは2と同じ場合に、8.6mm/hで3時間続く降雨を、間隔を変えて2波与えたときの遮水性について考える。初期条件は、8.6mm/hの一定降雨を十分長い時間受けた後、降雨がなく地盤内の水分移動がほぼ停止した状態とした。

2波の間隔を1時間と12時間とした場合の上下層からの流出量の時刻歴を図-5に示す。また、図-6に中央測線上の透水係数分布の推移を示す。図-5より、2波目の降雨を受ける時刻は、間隔が1時間の場合は、まだ1波目の浸透水の流出が多く、地盤が浸潤している状態であるのに対し、間隔が12時間の場合は、ほぼ流出し終わり、初期状態に戻りつつある状態と推測される。このことは、図-6ではより明らかである。1波目の降雨で層境界の透水係数の差は縮まり、浸潤面が未到達の下層の下部を除いてほぼ図-4の定常時の分布に一致し、頭打ちになっている。その後、降雨停止中に時間の経過とともに層境界の透水係数の差は再び拡大、すなわちバリアの遮水性が回復する。そして、回復があまり進まないうちに2波目の降雨を受けた場合は、下層の透水係数が常時高い領域で留まるのに対し、ほぼ降雨前の状態まで回復している場合は下層の透水係数が上昇しながらも低い領域で推移するため、2波目の降雨終了時においてもまだ下部に浸潤面が未到達の部分が残っている。その結果、2波の浸透量のうち下層から流出する比率は、2波の間隔が長いほど少なく、間隔1時間では25%、12時間では19%であった。ただし、間隔が12時間を超えるとほぼ一定で、先行降雨の影響は消失していると言える。なお、先行降雨の影響の程度や残存期間は、地盤の遮水性に依存すると予想される。

4. 結論

本稿では、キャピラリーバリアが層境界の透水係数の差異に起因することを踏まえ、バリアの屋外環境下での遮水性評価の基礎として、先行降雨の遮水性への影響を検討した。先行降雨後、時間の経過とともに、層境界の透水係数の差が拡大することによりバリアの遮水性は回復するが、その回復の程度が以降の降雨の遮水性に影響を及ぼすことがわかった。よって、屋外環境下でのバリアの遮水性を評価する際は、事前に先行降雨の影響時間を調べ、適切に初期条件や解析時間を設定する必要があると考えられる。

参考文献 1) 澤田茉伊: 地盤工学に基づく歴史的な地盤構造物の修復と保存に関する研究, 京都大学大学院博士論文, 2016. 2) Kung, KJ S.: Preferential flow in a sandy vadose zone 2. Mechanism and implications, *Geoderma*, Vol.46, No.1, pp.59-71, 1990. 3) Benjamin Ross: The diversion capacity of capillary barriers, *Water Resources Research*, Vol.26, No.10, pp.2625-2629, 1990. 4) R. Kitamura et al.: Capillary barrier in unsaturated soils, *Proc. of 7th International joint symposium on problematic soils and geoenvironment in Asia*, pp.3-8, 2013.

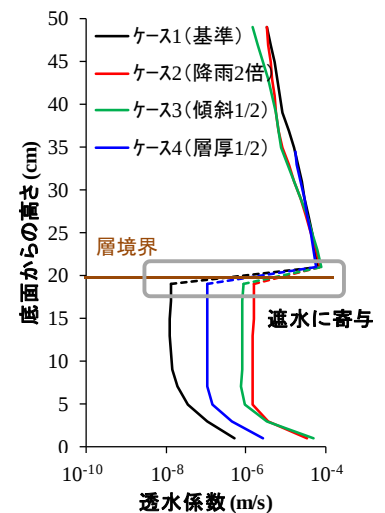


図-4 透水係数分布 (地盤中央)

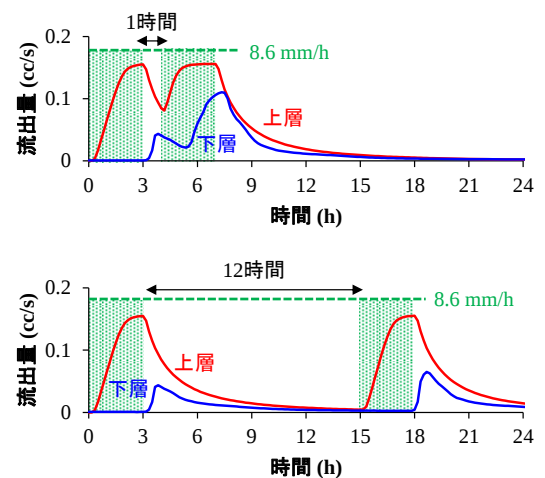


図-5 間隔を変えた2波の降雨時の下流端の流出

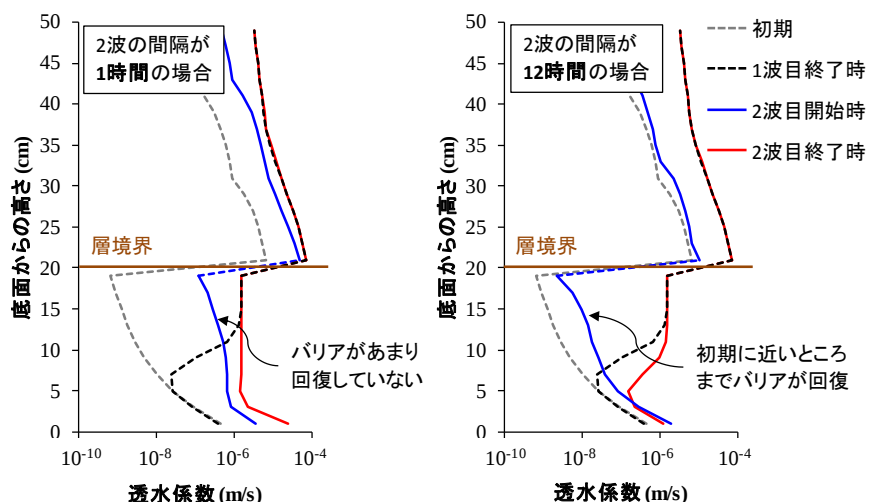


図-6 間隔を変えた2波の降雨時の透水係数分布の推移 (地盤中央)