

砂礫層地盤のキャピラリー・バリア特性

Hydraulic Properties of Capillary Barrier in Sand Soil underlain by Coarse Soil Layer

森井俊広*・堀江昭仁*・菊地將太**・竹下裕二***・井上光弘****

Toshihiro Morii, Akihito Horie, Shota Kikuchi, Yuji Takeshita and Mitsuhiro Inoue

1. はじめに

キャピラリー・バリアは、砂層とその下部に礫層を重ねた傾斜土層地盤をいう。砂層と礫層の境界面の上部では、互いの粒子の大きさの違いとそれに伴う保水性の違いにより水が不飽和状態で集積し、傾斜方向に流下していく。両層の境界はあたかも不透水面のバリアとして機能し、それ以深の領域は水の浸入あるいは湿潤化から保護されることになる。古くは古墳の造営技術に用いられた。廃棄物処分場のトップカバーとして用いられれば、表面より浸透した雨水を安全に場外に排出できるため、地下・地下水汚染を避けることができ、かつ土層自体が通気性をもつため、廃棄物の分解を阻害することがない。自然材料を用いた工法であることから、有用な被覆工法として期待されている^{1, 2)}。また、たとえば、乾燥地域の代表的なかんがい法の一つであるタンクかんがい³⁾において、効率的な集水エプロンとして利用できる。地山への雨水湿潤を制御することにより、斜面すべりの抑制工法としても適用が想定される。

雨水やかんがい水は、地表面から鉛直下方に浸潤したのち、境界面に沿って集積流として傾斜方向に流下していく。そして、集積流と表面からの降下浸潤水が合流して流量がある値以上になり、砂の保水能力を超えると、キャピラリー・バリアは破れ、下部の礫層へフィンガー状の浸透が起きる。集積流の発生位置からこの点までの水平距離を限界長といい、宮崎⁴⁾によりその推定法が検討されている。本研究では、これまでに提案されている限界長の推定式の特徴を室内試験により調べる。限界長の推定式には Ross(1990), Kung(1990), Steenhuis, et al. (1991) を取り上げた(いずれも出典は宮崎⁴⁾による)。

2. 試験方法と材料

図1に試験装置の概要を示す。キャピラリー・バリア地盤を模擬した幅100cm、高さ60cmの土槽箱と降雨装置からなる。土槽箱の奥行きは、2次元的な水分移動を再現でき、かつ土の締固め作業に支障がないように5cmとした。この土槽箱を水平に置き、礫層を厚さ10cmに締固め、次いでその上に砂層を同じく厚さ10cmに締固めた。礫層と砂層の間には、砂粒子が下部の礫の間隙にこぼれ落ちないように、家庭用切りネットを敷いた。こののち土槽箱の底部端を持ち上げ、所定の傾斜を持たせるようにした。傾斜角は5°と10°とした。降雨装置は、土槽の底部最下端から100cmの高さに設置した。雨滴の吐出口には注射針(テルモ23G)を用い、降雨強度は装置タンク内の水位で調整するようにした。試験では17mm/hrと40mm/hrを設定した。

礫層および砂層には、それぞれ、珪砂1号および珪砂3b号または5号を用いた(いずれも朝日興業株式会社より購入)。珪砂1号、3b号および5

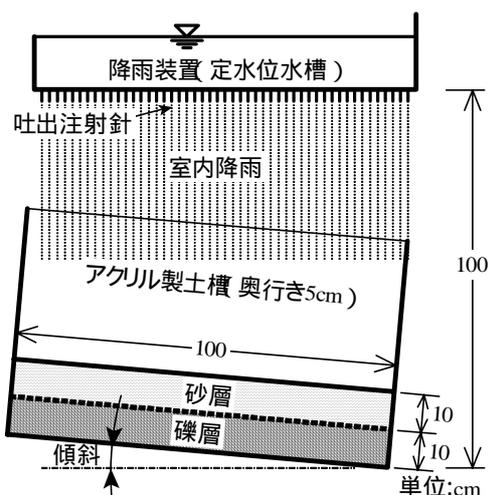


図1 室内試験装置の概要

*新潟大学農学部(Facul. of Agriculture, Niigata Univ.), **新潟大学自然科学研究科(Grad. School of Science and Technology, Niigata Univ.), ***岡山大学環境理工学部(Okayama Univ.), ****鳥取大学乾燥地研究センター(ALRC, Tottori Univ.) キーワード: キャピラリー・バリア, 限界長, 土の水分特性

号の粒径は、3~10mm、1~2mm および 0.3~1mm 程度である。図2に、これらの材料の不飽和水分特性を示す。体積含水率とサクション h の関係は、直径5cmのアクリル円筒を用いた湿潤時の土柱法試験により測定した。これを van Genuchten 式で回帰して、その回帰パラメータから、と比透水係数 K_r との関係性を推定した。土層とほぼ同じ締固め密度での飽和透水係数は、珪砂1号 3b号 5号で、それぞれ $1.48 \times 10^{-3} \text{m/s}$ 、 $9.02 \times 10^{-4} \text{m/s}$ 、 $1.30 \times 10^{-4} \text{m/s}$ である。

3. 試験結果

図3に、集積流の観察例を示す。上層に珪砂5号、下層に1号を締固めた土層で、傾斜角は 10° 、降雨強度は 30mm/hr である。上層の黒ずんだ部分が集積流で、おおよそ水平距離で30cm 流下した箇所で、下層への浸潤が起きている。下層への浸潤が起きると、たとえば廃棄物処分場では、地下水汚染の誘引となる。またタンクかんがいでは、集水効率が低下することになる。このように観察された限界長を、先述の3つの提案式による推定値と比較すると、図4のようになる。おおよその対比関係を点線の楕円枠で示している。これによると、Steenhuis, et al. (1991)の提案式が、おおよそ妥当な限界長の推定値を与えるといえそうである。

4. まとめ

キャピラリー・バリアの構造設計では限界長が重要な指標となる。これまでに提案されている限界長の推定式の実務性を、室内土槽試験により調べた。まだ暫定的な結論しかえられていないが、いずれにしても、砂礫材料の水分特性（透水性と保水性）が重要な役割を持つことは確かであり、これらの品質を原位置で精度良く管理するための試験法について、合わせて検討していく必要があると考える。

本研究は、平成16年度新潟大学自然科学系教育研究支援経費、ならびに鳥取大学乾燥地研究センター平成16年度共同利用研究経費による補助を受けた。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 汚染水の浸出を防止 - 砂とれきで雨水の浸透を遮断する, 日経コンストラクション, 350, 36-39, 2004.
- 2) 小林弘明・小澤一嘉・川端淳一・薦田敏郎: 処分場トップカバーにおけるキャピラリー・バリアシステムの実験的検討, 第39回地盤工学研究発表会平成16年度発表講演集, 1213-1214, 2004.
- 3) Amu-Mensah, F. K., Yamamoto, T. and Inoue, M.: Planning for sustainable agriculture in Ghana using tank irrigation, Transactions of JSIDRE, 205, 75-84, 2000.
- 4) 宮崎毅: 傾斜キャピラリーバリアの限界長に関する研究, 農業土木学会論文集, 179, 49-56, 1995.

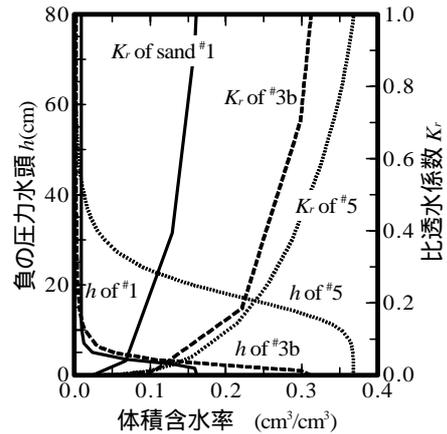


図2 礫と砂の不飽和水分特性



図3 集積流と下層への浸潤(観察例)

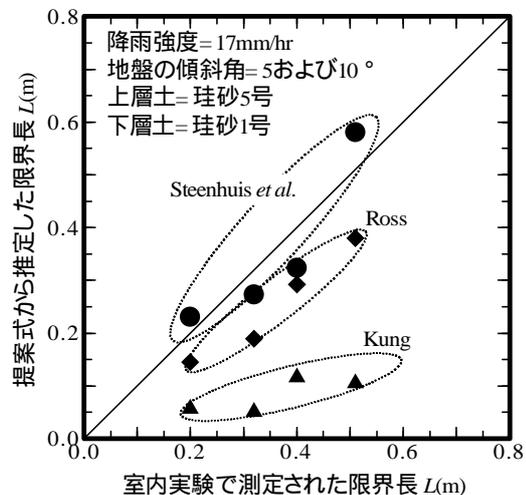


図4 測定した限界長と推定値との比較