

砂層への降雨浸潤における水浸入圧および浸潤域飽和度の降雨強度依存性

Effect of rainfall intensity on the water-entry pressure and the saturation degree within the wetting region during infiltration into a homogeneous sand layer

安中武幸* 川島麻里枝**
ANNAKA Takeyuki* KAWASHIMA Marie**

1. はじめに

浸潤前線における圧力水頭としての水浸入圧は、水分特性のヒステリシスとともにフィンガー流メカニズムに関わる重要な要因の一つである。乾いた砂層の水浸入圧は一定と仮定されることが多かったが、最近、これが浸潤前線の移動速度あるいは給水強度の増加関数である（動的水浸入圧）であるとの指摘、およびこの概念を用いたフィンガー流メカニズムの研究が散見されるようになった。しかしながら、砂層の水浸入圧の給水強度依存性を詳細に検討した例はほとんど見られない。本研究では、乾いた砂層への1次元降雨浸潤実験を行ない、水浸入圧と浸潤域飽和度の給水強度に対する依存性を詳細に調べた。また、砂層のぬれ性がこの依存性に及ぼす影響を検討した。

2. 試料と方法

(1) 試料は粒径 0.3~0.6mm の海砂であり、水洗いの後 5% H₂O₂ で有機物分解したものをを用いた。また、これと OTS (octadecyltrichlorosilane) で撥水処理したものととの混合砂も用いることで、毛管上昇法によるみかけの接触角が 50°~80° の試料を実験に供することができた。

(2) 内径 0.67cm、長さ 39cm のアクリル円筒に乾いた試料を高さ 37cm まで充填し、ペリスタポンプを用いて一定の強度で給水した (Fig.1)。その際、間断的な給水になることを避けるため、給水針を試料表面に接するように設置した。給水開始後、浸潤前線が試料表面から 2 cm に到達した時点でポーラスカップ を挿入し圧力水頭の測定を開始した。浸潤前線が各 1cm 通過するごとに経過時間と圧力水頭の値を確認しながら、円筒下端から排水が生じるまで観察を続けた。

(3) 浸潤前線位置 L と圧力水頭 h の実測値に、Green-Ampt 式を h について解いた次式

$$h = (q/K_s - 1)L + h_{we} \quad [1]$$

を適合させ、水浸入圧（浸潤前線における圧力水頭） h_{we} と浸潤域の透水係数 K_{we} を算出した。ここに、 q は給水強度である。また、積算給水量と浸潤域の間隙体積の比として飽和度を算出した。

3. 結果と考察

(1) みかけの接触角 50°~60° では給水強度が大きくなるにつれて飽和度も上昇し、 q/K_s が 0.2 を超えるとほぼ一定値となった。一方、接触角 70° および 80° では給水強度に関わらずほぼ一定で飽和に近い値を示した (Fig.2)。また、浸潤域飽和度と Green-Ampt 式適合で得られた透水係数との関係は、一部に物理的に整合しない点もあるが、定性的にはほぼ妥当な結果を示した (Fig.3)。

(2) 水浸入圧の相対給水強度およびみかけの接触角に対する依存性を Fig.4 に示す。接触角が 50°~60° のとき、浸潤域飽和度が給水強度の増加関数となる領域のうち q/K_s が 0.15 までは、ばらつきが大きいもののほぼ一定値となっている。しかし、それを超えると急激に上昇した後ゆるやかな

*山形大学農学部(Faculty of Agriculture, Yamagata Univ.) **山形大学農学研究科(Graduated School of Agriculture, Yamagata Univ.)

上昇を示した。接触角 70° と 80° では、水浸入圧は給水強度とともにゆるやかに上昇した。

(3) 動的水浸入圧についての Annaka and Hanayama (2005)の表式

$$h_{we}(q) = |h_{we}(0)| \left\{ - (1 + \delta) + \alpha' (q/K_s)^\beta \right\} \quad [2]$$

を適合した結果も Fig.4 に実線および破線で示してある。この時のパラメータ値を Table 1 に示した。[2]式は浸潤域が飽和であることを仮定しているが、接触角 50° ~ 60° で給水強度が小さい時この条件が満たされていないことに注意が必要である。測定方法の違いからか、彼らの与えた結果とはかなり異なっている。また、みかけの接触角は水浸入のしきい値である $h_{we}(0)$ に影響するのみならず、動的効果を表わすパラメータ (δ と β) にも影響することが示された。

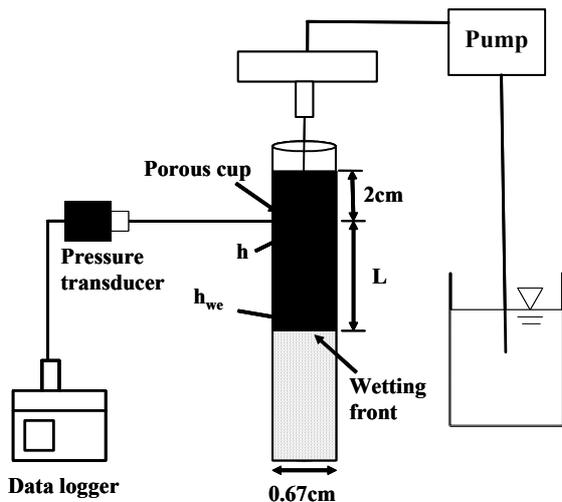


Fig.1 Experimental set up

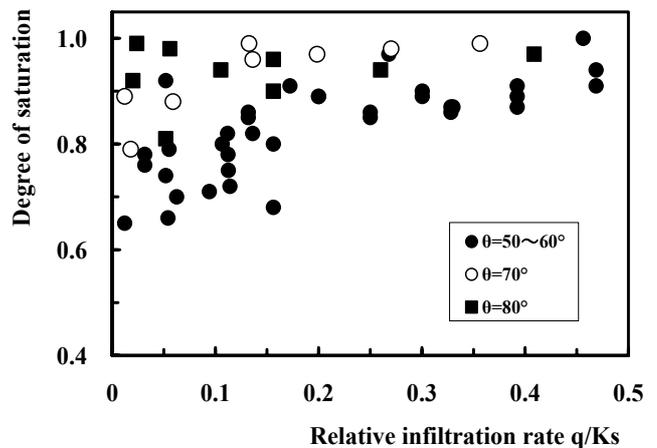


Fig.2 Relative infiltration rate vs. degree of saturation

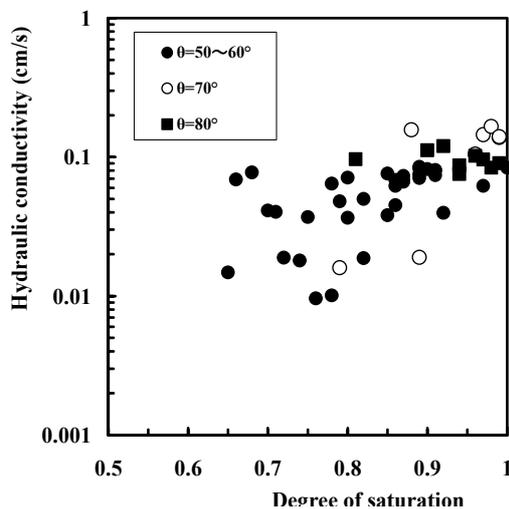


Fig.3 Estimated hydraulic conductivity

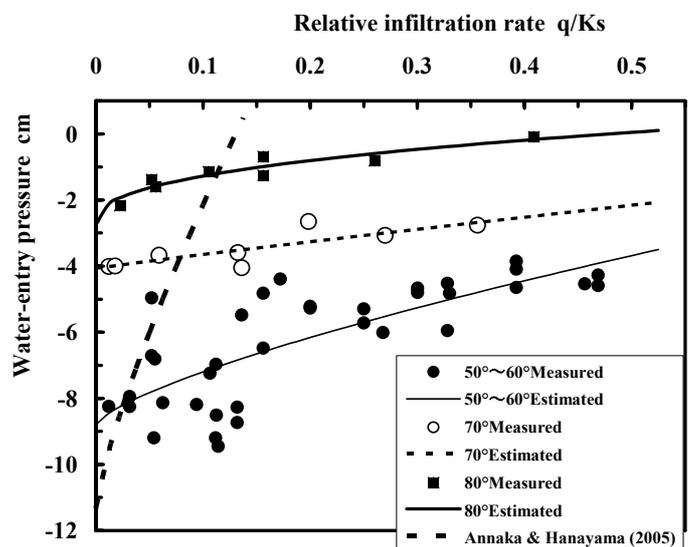


Fig.4 Relative infiltration rate vs. water-entry pressure

Table 1 Values of fitted parameters

接触角	$h_{we}(0)$	δ	α'	β
50° ~ 60°	-8.0	0.10	1.06	0.72
70° 程度	-3.7	0.10	0.99	0.94
80° 程度	-2.5	0.10	1.47	0.40
A & H (2005)	-10.3	0.10	5.50	0.79

参考文献

Annaka and Hanayama (2005). VZJ 4:127-133