

みかけの接触角がほぼ等しい単一砂と混合砂における降雨浸潤の比較

A comparison of rainfall infiltration into homogeneous and mixed sand layers whose apparent contact angles are almost the same

川島 麻里枝^{*}, 安中武幸^{**}
KAWASHIMA Marie^{*}, ANNAKA Takeyuki^{**}

1. はじめに

粒子充填層のぬれ性の指標としてのみかけの接触角は、毛管力の大小・向きを決める重要な要因である。そのため、重力と毛管力が同程度となり得る砂層では、そのぬれ性が浸潤過程に大きく影響すると考えられる。安中・川島(2006)は砂層のみかけの接触角と降雨浸潤時のフィンガー流路形状との関係を接触角が 40° ~ 75° の範囲で検討したが、より広範囲に検討するためには接触角 75° ~ 90° の試料作成が必要である。そこで、本研究では、撥水处理した砂と H_2O_2 を用いて良く洗浄した砂との混合砂を浸潤実験に用いることを検討した。具体的には、みかけの接触角が同程度の単一砂と混合砂について、降雨浸潤過程の比較を行った。

2. 試料と方法

(1) 用いた試料は 30-50 メッシュ (粒径 0.3 ~ 0.6mm) の市販の海砂である。粒子密度は 2.65g/cm^3 であり、充填層(乾燥密度 1.59g/cm^3)の飽和透水係数は $8.7 \times 10^{-2}\text{cm/s}$ であった。単一砂は、(a)購入した海砂をそのまま用いる、(b)水道水及び蒸留水で良く洗う、(c)5%の H_2O_2 水溶液で有機物を分解後水洗いするという 3 通りの調整を施した。混合砂は、 H_2O_2 処理砂に OTS(octadecyltrichlorosilane)で撥水处理をした砂を質量比 9.5:0.5、9:1、8.5:1.5、8:2、7:3、6:4 および 5:5 で混合したものである。毛管上昇法で測定されたみかけの接触角は、単一砂では 43° ~ 75° 、OTS 処理砂では 135° 、混合砂では 63° ~ 94° であった。

(2) Fig.1 の降雨浸潤実験装置を用いて、降雨強度 25mm/h および 150mm/h で給水し、透過光のもとで浸潤過程を観察するとともに、デジタルビデオカメラで撮影した。なお充填密度は $1.56 \pm 0.03\text{g/cm}^3$ であった。また、各実験の直前にその実験で用いる試料のみかけの接触角を毛管上昇法で測定した。

(3) 直径約 50mm、高さ約 15mm の円形の容器に充填した混合砂について、WDPT(水滴浸入時間)を測定した。具体的には、シリンジを用いて体積 0.02ml の水滴を試料表面に 3 つたらし、各々の水滴が完全に試料に浸入するまでの時間を測定し、平均を求めた。

3. 結果と考察

(1) Fig.2 はみかけの接触角の値がほぼ等しい単一砂と混合砂を降雨強度 25mm/h および 150mm/h 下で浸潤させ、チャンバーの下端に流路の先端が到達した時の様子である。25mm/h では混合砂における流路幅が細くなっているが、150mm/h では幅に差がないことが分かる。次に先端平均速度、

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

流路平均幅、流路内飽和度を測定した(Table1)。25mm/h では速度は混合砂が大きい値を示し、幅、飽和度は低い値を示した。しかし、150mm/h 下では平均速度、平均幅ともに大きな差はなく、飽和度がわずかに低い値を示した。流量の連続性より、「平均速度」×「平均幅」×「飽和度」=(「降雨強度」×「チャンパー幅」)/「間隙率」=一定となる。本実験の条件からその値は 25mm/h では 0.017cm²/s、150mm/h では 0.10cm²/s となるが、実験値は単一砂、混合砂ともにこれらとほぼ等しくなった。

(2) 混合砂について、WDPTとカッシーの式による推定接触角、作成直後の接触角そして浸潤実験時の接触角を比較した(Table2)。作成直後の接触角は推定値よりも大きく、時間が経過するに従い増大した。特に混合率の小さい混合砂ほどその傾向は顕著であった。WDPTでは混合率20%以上で撥水性を示したにもかかわらず、毛管上昇法で測定された接触角は90°未満を示した。このことは以前の降雨浸潤実験において、接触角が90°未満なのに表層に水滴を生じたり、湛水を生じた後に浸入するという観察と一致している。

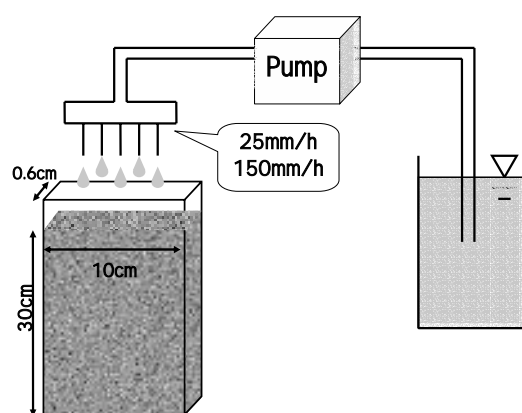
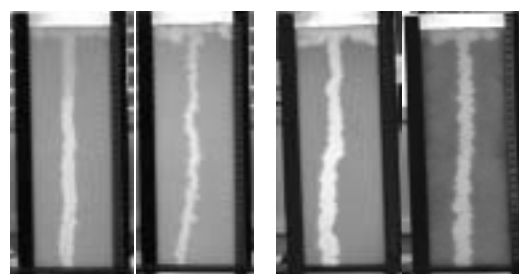


Fig.1 Experimental set up



単一砂 混合砂 単一砂 混合砂
 (θ=72°) (θ=73°) (θ=75°) (θ=75°)
 25mm/h 150mm/h

Fig.2 Photographs of wetting pattern

Table1 Finger-tip velocity, finger width and finger saturation

降雨強度	試料(処理法)	接触角(°)	平均速度(cm/s)	平均幅(cm)	飽和度	速度×幅×飽和度
25mm/h	単一砂(水洗い)	72	0.019	1.4	0.58	0.015
	混合砂(15%)	73	0.029	1.1	0.48	0.016
150mm/h	単一砂(未洗浄)	75	0.064	1.6	0.95	0.099
	混合砂(10%)	75	0.065	1.8	0.87	0.10
		75	0.072	1.7	0.87	0.10

Table2 WDPT and apparent contact angles

	混合砂(15%)	混合砂(20%)	混合砂(30%)	混合砂(40%)
WDPT(s)	0	300	3600<	3600<
カッシーの接触角(°)	67	71	79	89
作成直後の接触角(°)	73	77	80	88
浸潤実験時の接触角(°)	76	85	85	89

引用文献

- 1)安中武幸・川島麻里枝(2006)：砂層のみかけの接触角が降雨浸潤時に形成するフィンガー流路の性状に及ぼす影響，農土論集 241，pp.149-150