

II-258 不飽和網目状微小空隙場での水みち流れのフラクタル次元

山梨大学工学部 正員 坂本 康
積水化学工業(株) 青木勝夫

1. はじめに

著者ら(坂本(1992))は、ガラスビーズで作った不飽和層にできる水みち流れのフラクタル次元を、実験とシミュレーションにより検討してきた。本研究では、ガラスビーズ層より空隙構造が簡単で、二次元に近く、流れを目でとらえやすい不飽和層として、市販の網をアクリル板ではさんだものを用い、滴下液量、初期水分条件、網目方向、流れ方向と重力方向のなす角が水みちのフラクタル次元に与える影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 装置と条件

著者ら(坂本(1992))が不飽和層として用いてきたガラスビーズ層では、流れが三次元的になる懸念があった。そこで本研究では、ヘルショウ模型の平板間に市販の網戸用の網を挟み込んだものを用いた。本研究では、これを網目状微小空隙場(巾29cm、長さ50cm)と呼ぶ。このとき、正面と側面から見た空隙の様子を図-1に示す。本研究では、網の繊維の方向とアクリル板の縦横方向が平行なときを正方、45°傾いているときを斜方と名付ける。実験では図-2のように、網目状微小空隙場の下部を水中にいれ、上部より着色液を注射針によって滴下し、水みちの様子を写真撮影した。滴下液量は、6、17、30、43、55cm³/minの五段階とした。初期水分条件は、乾燥状態と湿潤状態とした。ここで湿潤状態とは、空隙場を飽和後重力排水した状態である。また、空隙場は鉛直のとき(以後、鉛直と呼ぶ)と鉛直方向から60°傾いたとき(以後、傾斜と呼ぶ)を検討した。

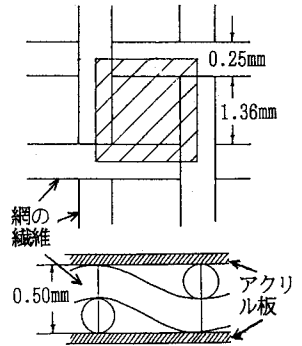


図-1 空隙場の構造

2.2 フラクタル次元の測定

水みちのフラクタル次元は、粗視化の度合を変える方法で求めた。フラクタル次元の測定範囲は、層の上部から10-25cmの範囲の中央部15cmx15cmの範囲とした。

3. 結果と考察

水みちの形状はフラクタルであった。実験で得られた水みちの例を、鉛直については図-3に、傾斜については図-4に示す。また、フラクタル次元を滴下液量に対してプロットした図を、図-5~8に示す。各条件の影響は、下記のように整理できる。

3.1 滴下液量の影響

坂本(1992)の湿潤な不飽和ガラスビーズ層の実験では、水みち

のフラクタル次元は滴下液量によらず一定であった。しかし、図-5~8では滴下液量が少ない方がフラクタル次元が小さい傾向が見られる。水みちができるようすを観察すると、滴下液量が少ないときには、水は何滴かの水滴が結合した水塊として移

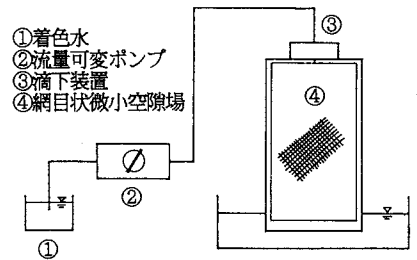


図-2 実験装置

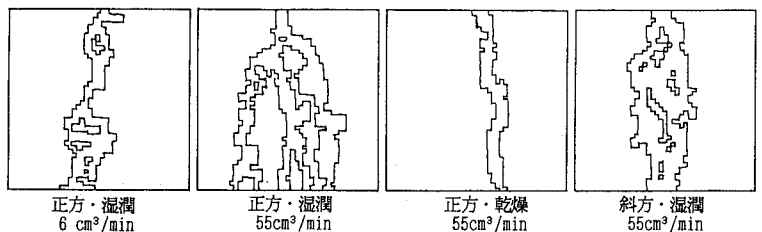


図-3 水みち形状(1) (鉛直のとき)

動しており、その影響が水みち形状に現れたと考えられる。

3.2 初期水分条件の影響

図-5~8によると、鉛直では滴下流量が少ないときは乾燥状態でのフラクタル次元が小さく、滴下流量が多いときには乾燥・湿潤状態のフラクタル次元は同程度である。これは、

乾燥状態では、前述の水塊移動の影響がより大きくなるためと考えられる。また、滴下流量が多いときには乾燥・湿潤でフラクタル次元は同程度だが、図-3、4のように湿潤状態では水みちが横に広がる傾向がある。これは、湿潤では滞留水が流れを妨げることもあるからかもしれない。

3.3 網目方向の影響

図-5~8によると、斜方の方が正方よりもフラクタル次元が大きい。

ただし、図-3、4のように全体の中は斜方の方が狭い。これは、斜方では斜めへも重力が働き、左右の移動が起こり易いためと考えられる。

3.4 傾斜の影響

坂本(1992)のモデルのように、水みちは毛管力と重力の相対的大きさによりその形が決まる。傾斜では縦方向への重力成分が $1/2$ となり、相対的に毛管力の寄与が大きくなる。このため、より左右への移動が起き易く、フラクタル次元も大きくなると予想できる。図-3、4および図-5~8 には確かにこの傾向が見られる。

4. まとめ

本研究では、ヘルショウ模型に網を挟み込んだ網目状微小空隙場で、種々の条件で水みち流れのフラクタル次元を測定した。水みち形状について得られた結果を、以下に示す。

- (1) 滴下流量が少ないときは水是水塊となって移動し、フラクタル次元が小さくなる。
- (2) 乾燥状態では、(1) の影響がより顕著になり、フラクタル次元が湿潤状態のときよりも小さくなる。また、湿潤状態では、水みちの横への広がり易い。
- (3) 斜方では斜め方向へも重力が働くため、フラクタル次元は大きくなるが水みち全体の中は小さくなる。
- (4) 傾斜では重力の影響が $1/2$ になるため、毛管力の寄与によりフラクタル次元は大きくなる。

文献：坂本康(1992)：不飽和層中の水みち流れのフラクタル次元と水みち侵入モデルによるシミュレーション、水工学論文集、36、447-452。

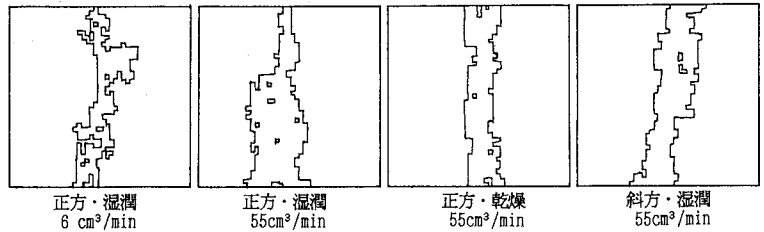


図-4 水みち形状(2) (傾斜のとき)

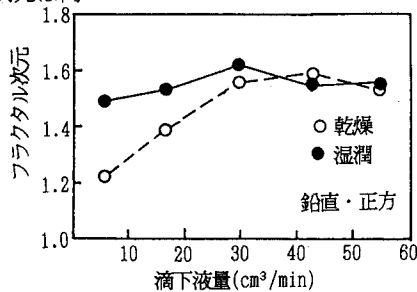


図-5 滴下流量とフラクタル次元(1)

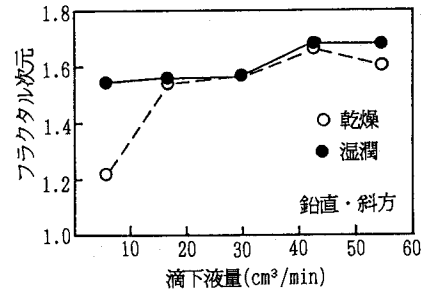


図-6 滴下流量とフラクタル次元(2)

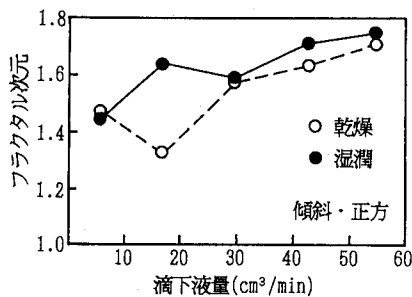


図-7 滴下流量とフラクタル次元(3)

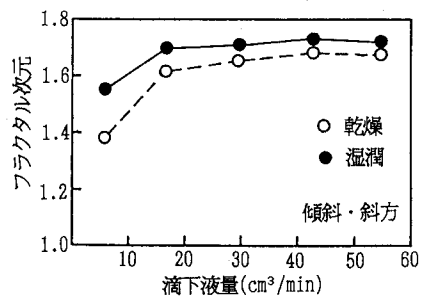


図-8 滴下流量とフラクタル次元(4)