

II-47

鉛直パイプ流が流出に与える影響に関する実験的研究

名古屋市

名古屋大学大学院工学研究科

名古屋大学難処理人工物研究センター

名古屋大学大学院工学研究科

正会員 ○ 高柳 俊伸

正会員 鷺見 哲也

正会員 松林宇一郎

フェロー 高木 不折

1.はじめに 山腹斜面の流出現象においてマトリックス流では表すことのできない速い流出成分がある。その速い成分の一つとして鉛直パイプ流の存在があり、Beven and Germann¹⁾が個々の独立した鉛直パイプ群へのモデル化を論じている。本研究では鉛直パイプと飽和透水層（地下水帯）を模擬的に作成し、人工散水を与える室内実験を行い、斜面下端付近を想定して、飽和帯を含む表層土壌中の鉛直パイプ流が流出に与える影響について考察する。

2.室内実験 実験装置は、図-1 のように任意の強度で一様に散水できる散水装置と半円状の鉛直パイプ 2 本および飽和透水層を持つカラムからなる。土壌マトリックス部は、幅 30cm、奥行き 15cm、高さ 120cm であり、下端から高さ 30cm までの側壁は透水性になっており、マリ奥特タンクにより給水され、排水部との水頭差は 2cm となっている。土壌は園芸用赤玉土をすりつぶしたものを詰め、飽和透水係数 K_s は $8.43 \times 10^{-3} \text{cm/sec}$ である。鉛直パイプは、図-1 の右図のように内径 6mm の半円状断面であり、円周部の壁面には、土壌との水移動ができるように 0.25mm 間隔のステンレス製網を用い、アクリル板に円弧アーチ状に渡して作成したもので、長さ 90cm である。鉛直 2 次元カラムの前面は、透明アクリル板となっており土壌を可視化でき、前面の透明アクリル板の内側に鉛直パイプを張りつけることにより鉛直パイプ内の水の流れの様子を観察することが可能となっている。実験は、まず強度 5.4mm/hr で 2 時間散水し、24 時間放置し初期状態を作成し、散水は岐阜県山岡町兼平試験流域にて観測された降雨波形を参考にして強度 15mm/hr を 20 分間、その後強度 100mm/hr を 20 分間、計 38.3mm とした。測定は、15 分間隔の流出流量と、深さ方向に 5, 20, 45, 75, および 105cm にテンシオメーターを設置して土壌水の圧力状態の経時変化、および鉛直パイプ流の観測を行った。

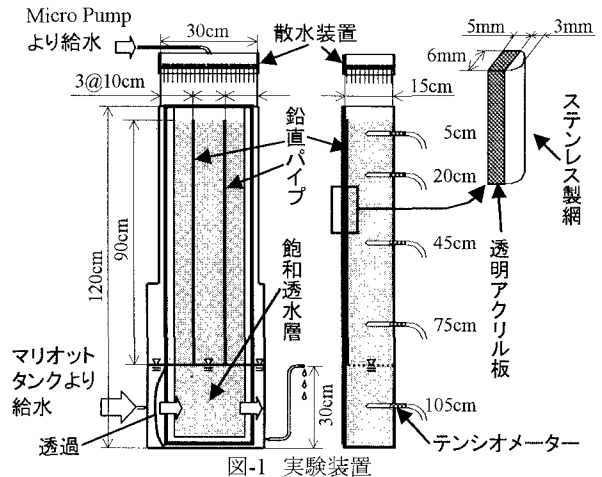


図-1 実験装置

たもので、長さ 90cm である。鉛直 2 次元カラムの前面は、透明アクリル板となっており土壌を可視化でき、前面の透明アクリル板の内側に鉛直パイプを張りつけることにより鉛直パイプ内の水の流れの様子を観察することが可能となっている。実験は、まず強度 5.4mm/hr で 2 時間散水し、24 時間放置し初期状態を作成し、散水は岐阜県山岡町兼平試験流域にて観測された降雨波形を参考にして強度 15mm/hr を 20 分間、その後強度 100mm/hr を 20 分間、計 38.3mm とした。測定は、15 分間隔の流出流量と、深さ方向に 5, 20, 45, 75, および 105cm にテンシオメーターを設置して土壌水の圧力状態の経時変化、および鉛直パイプ流の観測を行った。

3.実験結果と考察 パイプ流は、case1, case2 ともに散水開始から 20 分間発生しなかったが、case1 では 22 分後、case2 では 21 分後に上端が湛水し、パイプへその水が流入することにより発生した。また鉛直パイプ流は、散水終了とともに消失した。case1 のパイプ流はマトリックスに水を吸収されながら徐々に流下し、散水終了時には深さ約 50cm であった。これは、Beven and Germann の述べたモデルと類似している。case2 のパイプ流は、発生と同時に深さ約 50cm まで一気に流下し、以降は case1 と同様に徐々に流下し 28 分後ぐらいには飽和透水層に達していた。

サクシンの経時変化を case1 は図-2 に、case2 は図-3 に、流量の経時変化を図-4 に示した。これらの図の時間は、散水開始時間を 0 分としている。まず case1 のサクシンについて、5cm, 20cm, 75cm のサクシンの応答は、上から下へと徐々にサクシンの値が下がっていくためマトリックス流であると考えられる。しかし 45cm のサクシンの応答は下がり方が 2 段階となっており、1 段階目がパイプ流によるもので、2 段階目がマトリックス流によるものと考えられる。これは、パイプ流が深さ 45cm のところまで到達しており、マトリックス流より速いパイプ流からの給水があったためであ

keyword: 鉛直パイプ流, 飽和透水層, サクシン

連絡先: 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻

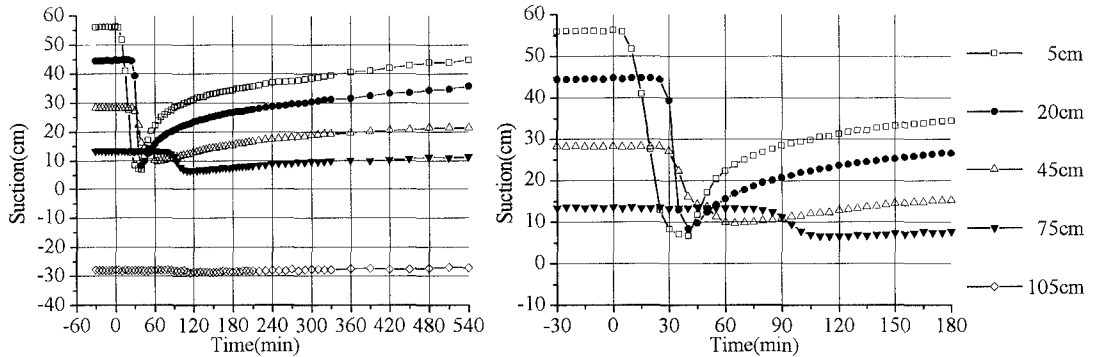


図-2 case1 のサクションの経時変化

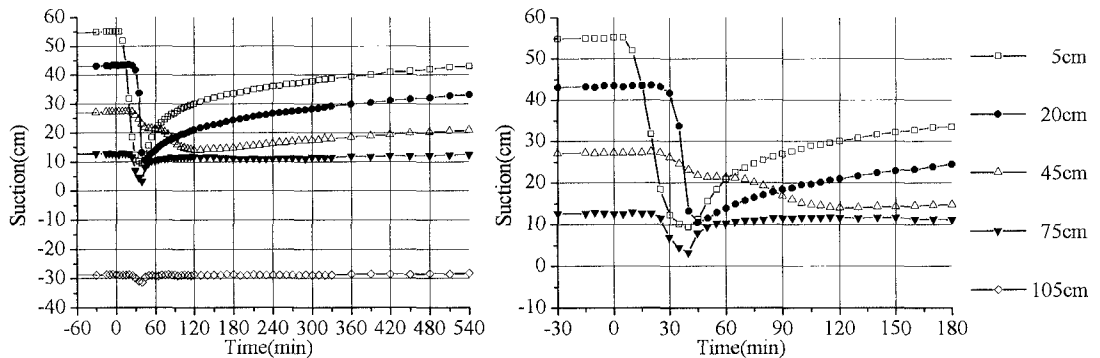


図-3 case2 のサクションの経時変化

と考えられる。次に case2 のサクションについて、case1 と同様に 5cm と 20cm のサクションの応答はマトリクス流によるものであり、45cm のサクションは 2 段階で下がっており、1 段階目がパイプ流、2 段階目がマトリクス流によるものであると考えられる。75cm と 105cm のサクションの応答は、パイプ流によるものであると考えられる。これは、上部にある 20cm と 45cm のサクションの値よりも速く値が下がりはじめていること、マトリクス流による時よりもサクションの値の下がり方と下がり切った後の上がり方が、非常に急であるからである。case2 の 5cm, 20cm, 45cm のサクションの応答は、case1 と比べて大きい値となっている。これは、パイプ流によって土壌マトリクス下部に輸送される水量が、case1 より case2 のほうが大きかったためであると考えられる。

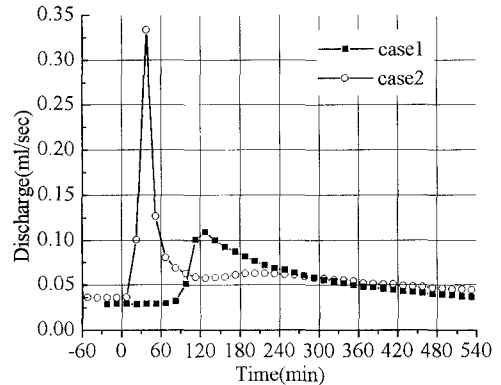


図-4 流量の経時変化

考えられる。流量の経時変化は、75cm のサクションの応答とほぼ一致することより、次のことが考えられる。case1 の流量は 90 分後から徐々に増加しており、マトリクス流によるものである。しかし case2 の先の高い流量ピークは、パイプ流が飽和透水層に達すると同時に急激に増加し、ピークを迎える現象を示しており、パイプ流によるものである。

4.おわりに 本研究では、①鉛直パイプ流が飽和透水層に到達すると、瞬時に流量が急激増加し、鉛直パイプ流が到達しなくなると同時に流量も減少すること、②鉛直パイプ流が発生すると、マトリクス流による圧力水頭の上方面での増加よりも、鉛直パイプ流による圧力水頭の下方面での増加が速いことが得られた。今後は、鉛直パイプ流の長さの検討やパイプネットワークでの検討を交えていく必要があると考えられる。

参考文献 1) Beven and Germann: Water Flow in Soil Macropores II. A Combined Flow Model, Jour. of Soil Science, Vol.32, pp.15-29, 1981.