

2次元不飽和浸透流に関する実験的研究

金沢大学 ○ 前 浩久
同上 正員 高瀬 信忠
同上 正員 宇治橋康行

1. はじめに

河川流出の物理機構は室内実験や近年の精力的かつ詳細な現地観測等による実証的研究により種々の事実が明らかにされつつある。しかしながら、河川流出の早い応答に対するマクロポア、水みちの存在とその果たす役割、毛管縁、閉塞空気の役割、流出成分とその流下経路の問題など未解明な部分も多く残されている。本研究は十分に制御された再現性の高い室内実験により降雨流出の物理機構の解明を目指すものである。

2. 実験装置および実験条件

2.1 実験装置 実験は長さ5m, 幅50cm, 高さ1.9mの水路(側面の一方は透明アクリル樹脂製で内部の浸透状況が見えるようになっている)に砂を斜面勾配約11度に敷き詰め、人工降雨装置より降雨を供給した。降雨装置は内径16mm, の塩ビパイプに7.5cm間隔に注射針を取り付けたものを7cm間隔に6本平行に並べ、高水槽より水を供給して降雨を発生させた。降雨強度は高水槽の水位を変えることにより 20mm/hr~70mm/hrまで変えることが出来る。また斜面の上方には雨滴による侵食防止と降雨の一樣化のために1mmの網目の金網のスクリーンを置いた。初期地下水面は、20cm, 40cm, 57cm, 70cmの4段階に調節可能であり、流出成分は表面流出, 中間流出及び地下水流出に分けて集水測定できる。また斜面内にはサクシオン分布, 間隙空気圧の変化を知るために31個のテンシオンメータと18個のエアセンサーを設置し、地下水面の応答を測定するために11個のピエゾメータをそれぞれ取り付けた。実験装置の概要とセンサーの取付位置を図-1に示す。

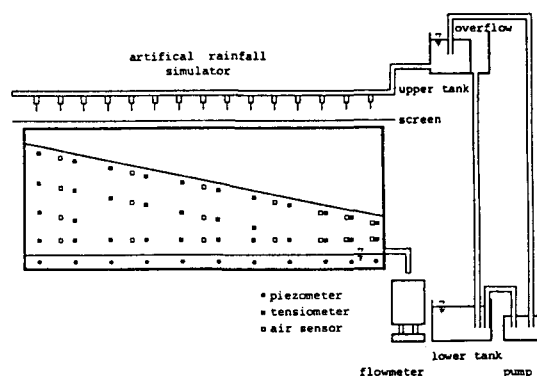


図-1 実験装置の概要

2.2 実験砂の特性 実験に用いた砂の粒度分布, 水分特性曲線を図-2、図-3に示す。土粒子比重は2.66, 飽和透水係数、間隙比、乾燥密度はそれぞれ 1.8×10^{-2} cm/sec, 0.814, 1460 Kg/m³であった。

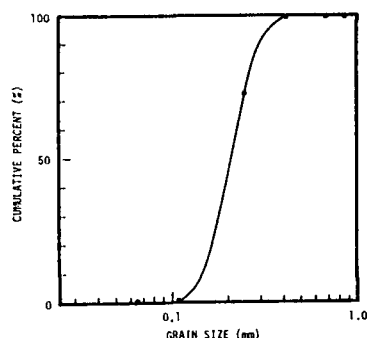


図-2 実験砂の粒度分布

2.3 実験条件および測定 実験は地下水面を20cmに設定し、降雨を24時間供給した後一週間放置し流出がほぼ停止し地下水面が初期状態に復帰してから行なった。降雨強度は 33.8mm/hr (RUN-1), 27.4mm/hr (RUN-2), 31.0mm/hr (RUN-3)の3ケースで行い、各ケースとも降雨の継続時間は215分とし、RUN-3では0.01%の食塩水を降雨として供給した。流出量は打点式記録計に記録し5分間隔で読み取った。圧力水頭、間隙空気圧、地下水位はそれぞれ

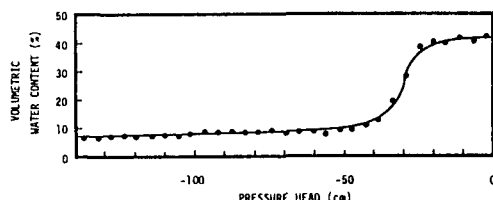


図-3 実験砂の水分特性曲線

10分間隔で読み取った。また10分間隔で流出水をサンプリングし電気伝導度、イオン濃度を測定した。

3. 実験結果と考察

3ケースの降雨強度はほぼ等しいので流出ハイドログラフ、地下水面の応答にほとんど差は見られなかった。また3ケースとも表面流出、中間流出の発生はみられなかった。RUN-2におけるハイドログラフ、地下水面の変動をそれぞれ図-4、図-5に示す。流出量は降雨の開始と同時にわずかながら増加し始め、降雨開始後約50分から急速に増加し始める。一方、地下水面の応答が始まるのは実験開始後約100分からである。また、間隙空気圧の変化は、斜面中央部地下水面20cmの点で約20cmの空気圧が観測された他はほとんど間隙空気圧は発生しなかった。これらのことから実験開始後50分から100分の間の流出には斜面下流部の毛管縁が大きく寄与していることが分かる。またハイドログラフを片対数紙上にプロットしてみるとほぼ3直線となる。

図-6に3ケースの実験における電気伝導度と流量の関係を示す。図を見るとRUN-1からRUN-2、RUN-3の順に初期伝導度が低下していることが分かる。これは実験に用いた砂が海砂であったために若干の塩分を含んでおり、これが洗い流されるために徐々に伝導度が低下していったものと思われる。この点を考慮すればRUN-1とRUN-2の流出量と伝導度の関係はほぼ等しいと言える。両ケースとも供給降雨（新水）の伝導度が古水の伝導度より低いため流量の増加（新水の割合も増加する）による伝導度の低下がみられピーク以後伝導度はほぼ一定となり流出後一週間ぐらいで伝導度はかなり回復して来る。これはりゅしゅつりょうの多い時期には間隙にリング水状に保持されていた古水から溶質が徐々に拡散して行くためであると思われる。トレーサーとして食塩水を用いたRUN-3では供給水の伝導度が古水の伝導度より高いのでループは前の2ケースとは逆であるがほぼ同じ傾向を示している。しかし前2ケースに比べて初期の伝導度には早く戻っている。この差についてはイオンの吸着機構を含めて今後さらに検討する必要がある。他の実験ケースや結果の詳細については講演時に述べる。

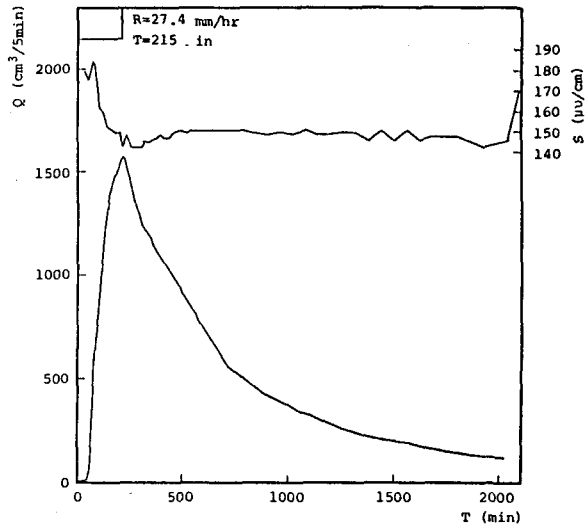


図-4 流出量と伝導度の時間変化 (RUN-2)

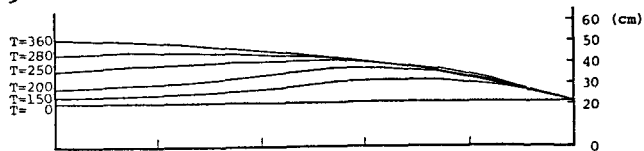


図-5 地下水面の変化 (RUN-2)

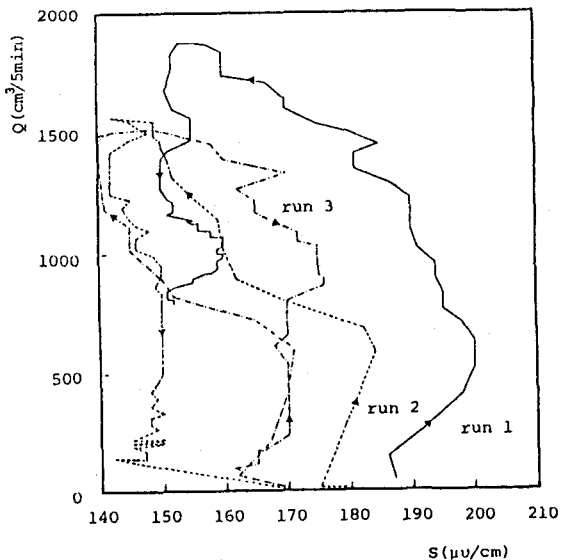


図-6 伝導度-流量曲線