

1) まえがき 本研究の目的は、山腹表層の浸透流出現象を念頭におき、傾斜砂層の浸透現象のうちとくに不飽和水の挙動を従来あまり測定されていない不飽和部の含水率の測定を通じて明らかにすることである。

2) 含水率の測定 実験砂層中の含水率を測定するため図-1に示す抵抗線式検体を作成した。これは砂中に置かれた2本の導線間の抵抗が含水量によって変化することを利用したものである。本検体の特長は 1) 砂を対象としており含水率変化に対する応答が速い、2) 底部にステンレス線を用いており錆による特性変化が少ない、3) 小型である、等があげられる。検体の特性曲線の1例を図-2に示す。

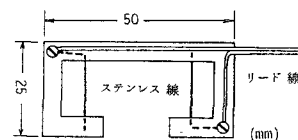


図-1 検体の概要

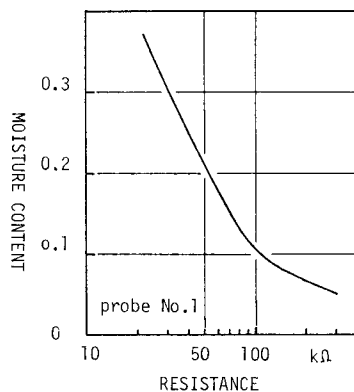
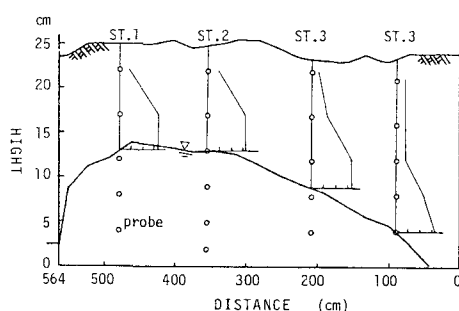


図-2 検体の特性曲線

3) 実験 実験に用いた装置は降雨発生装置を備えた傾斜砂層（講演II-18 図-2 参照）である。この砂層に21個の検体を埋め込み含水率を測定した。実験条件として、砂層は長さ564cm、幅20cm、勾配0.12であり、使用砂は $D_{50}=1.4\text{mm}$ 、透水係数 1.0cm/sec 、間隙率0.40、降雨は強度457mm/分、継続時間20分である。

4) 実験結果と考察 図-3には測定結果の1例として $t=28\text{分}$ の飽和水面形、含水率と同時に検体の位置が示してある。

水収支の検討 これらの結果を用い、まず水収支を計算し図-4に示した。図でとくに飽和・不飽和部の貯留量 S_s, S_u はそれぞれ飽和水面形、含水率分布より算出したものであり、誤差は $E(t) = \int_0^t (R(\tau) - Q(\tau)) d\tau - (S_s(t) + S_u(t) - S_s(0) - S_u(0))$ で計算したものである。この図は水収支が各時刻でほぼ成立していることと同時に、不飽和水 S_u がかなり多く、かつ時間的にも変化して浸透流出への影響が無視しえないことを示している。

図-3 測定結果の1例 ($t=28\text{分}$)

不飽和部の含水率分布 つぎに浸透水の挙動の様子を見るため図-5にST.1, ST.2における不飽和水の鉛直分布を、また図-6(a)でいくつかの時刻における飽和水面より上の含水率分布をプロットし、図-6(b)ではそれらを重ねて示した。なお、ここでは含水率分布各部の名称を図-6に示すように名付け以下これに従う。さて、これらの図から次のような浸透メカニズムが指摘できる。

1) 図-5より降雨時には2つの現象が現われることがわかる。すなわち最初地表から雨水が浸透すると砂層上部から含水率が増加し、含水率が一定な包気帯を形成し($0 < t < 4\text{分}$)、次に下部に含水率の高い遷移帯・毛管帯が生ずると($4 < t < 8\text{分}$)飽和水面が生じ、飽和水面の上昇とともに遷移帯・毛

管帯が上方へ成長してゆく。2)降雨終了後は飽和水面の低下に伴ない遷移帯・毛管帯も下方に移動してゆく。3)この時注目すべき点として、図4あるいは図6で明らかに降雨終了後の包気帯の含水率が降雨時の含水率と比べて小さいことがあげられる。また、4)図6(b)をより詳しく見ると、遷移帯・毛管帯の含水率分布形状が時間とともに変化することも認められる。

流出解析モデルへの示唆 最後に、こうした現象の流出解析における意味を、第一段階として従来の飽和浸透解析を基礎にして考える。まず、飽和解析では降雨はすぐ飽和水面の形成に寄与すると考えており、1)の指摘によれば初期含水状態から包気帯が形成される水路底に遷移帯・毛管帯が形成されるまでの降雨は初期損失として無視してよいことになる。

また、飽和解析に含まれる有効間隙率は図7のように「飽和水面の上昇時に水で置き代る空隙の体積を体積率 $\Delta V_v/\Delta V$ で表わしたものと(水面下降の場合も同様)」であり、したがって飽和水面上昇・下降時の包気帯・遷移帯・毛管帯の含水率分布に依存するが、3)の指摘より、飽和水面の上昇時(降雨時)・下降時ではとくに包気帯の含水率が異なるため、少なくとも両期間で有効間隙率を変える必要があり、また、4)の事柄を考慮すればさらに複雑な構造を考えなければならぬことが分る。

まとめ 今回の実験では含水率の測定精度にまだ不十分な点があり、ただちに数値解析まで発展できなかった。したが、従来あまり行われていなかった含水率の測定を通じて、前述1)~4)の浸透流出現象の特徴的な構造を具体的に示すことができた。

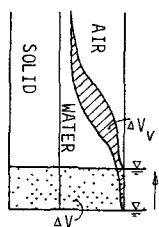


図-7 有効間隙率の説明図

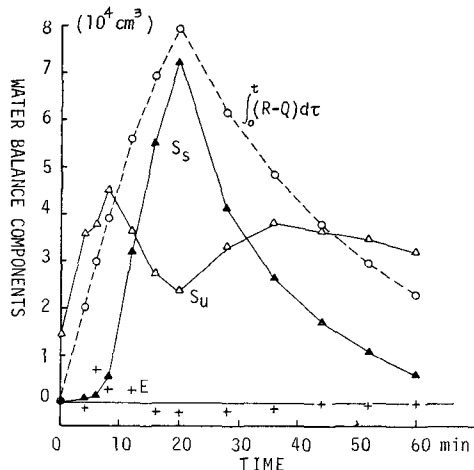


図-4 水収支の時間変化

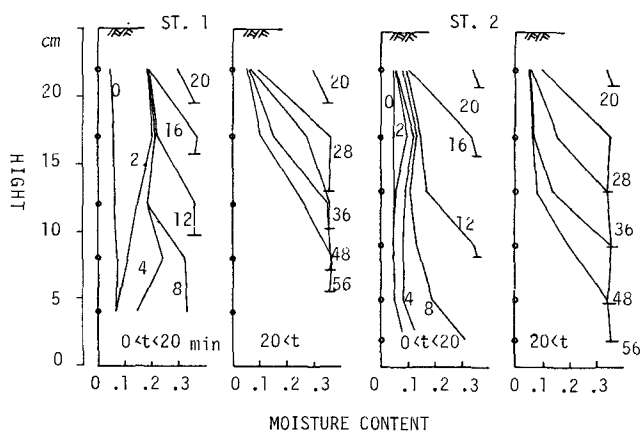


図-5 含水率の鉛直分布

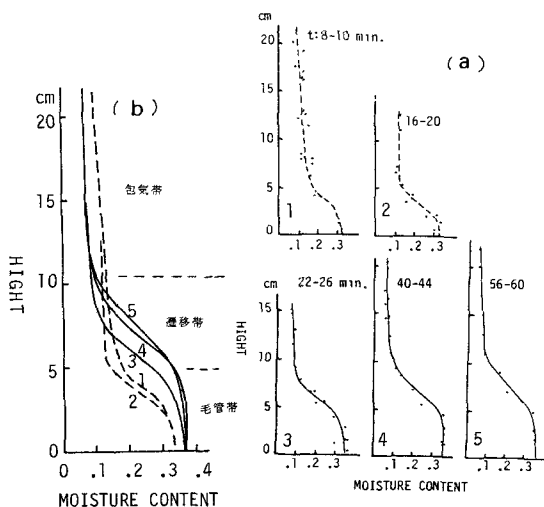


図-6 飽和水面より上の含水率分布