

不飽和土の浸透速度

長崎大学工学部

同上

同上

基礎地盤コンサルタンツ(株)

正員 伊勢田哲也

学正員 ○深堀 剛

大石 展裕

正員 調 修二

1. はじめに

豪雨災害の大半が、斜面崩壊土石流による被害であると報告されている今日、斜面崩壊を事前に予知することは社会的に強く望まれていることである。

しかし、斜面崩壊の要因と考えられている、地表面からの浸透水の挙動については未だ未解明の部分が多く残されている。

本報は、斜面崩壊予知を行う目的の一端として、地中浸透水の挙動を観測し、その結果について報告するものである。

なお、観測する際に用いた装置は、土中水の水分変化と電導度とが密接に関係していることに着目して電導度計を用いた地中浸透水検出装置であり、その信頼性に関しては多くの実験より既に確かめられている。

2. 実験方法と試料

実験装置は、図-1に示したように直径7.9cm、高さが10cmの円筒形のアクリルパイプの両端に電極を取り付け、それを14段積み重ねたものを使用した。又、円筒のつなぎめからの水の流出を防止するために、ゴムパッキンを各段にはさみ込んでいる。水の供給方法は、一定時間に一定量の水を供給する装置を使用し、又、供給しても浸透できずにたまってしまう水を逃してやるために、装置の上部に水の排出口を設け、あふれてくる水を受けとめられるように、容器と排出口とをビニールパイプでつなぐ様にした。

実験に用いた試料は、長崎大学付近で採集した安山岩の風化土の中から2mmのふるいてレキ分を除去したものを使用して、尚、試料の基本的物性は以下に示す通りである。

表-1 実験に使用した土質

比重	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)
2.61	42.0	31.5	26.5
最適含水比 (%)		最大乾燥密度 (g/cm^3)	
32.5		1.345	

3. 試料の成形

実験に使用した試料は所定の含水比になる様に自然乾燥させた後、乾燥密度が一定となる様にランマーにて突き固めた。そして土柱の上端には砂を1cmしき、水の浸透が一次的になる様に配慮した。締め固めの際には、1層当り5cmとして、次々に14段重ねていった。

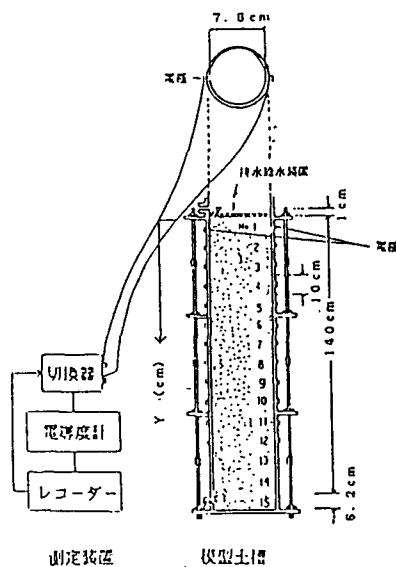


図-1 実験装置の概略

表-2 各試料の初期含水比と乾燥密度

	γ_d (g/cm^3)	W_0 (%)
NO1	1.050	5.70
NO2	1.000	10.40
NO3	1.100	8.80
NO4	1.100	20.00
NO5	1.100	30.00

4. 実験項目

実験項目としては、給水量は一定にしておいて、表-2に示したように、初期含水比、乾燥密度をそれぞれ変えた試料に対して実験を行った。

5. 浸潤前線速度の計算

浸潤前線速度は次の様に計算した。

それぞれのアクリルパイプに取りつけてある電極が、電導度計を通してレコーダーに接続されており、レコーダーに記録された電導度の変化からそれぞれの電極における浸潤前線の到達時間を算出し、電極間の距離(10 cm)と到達時間(hr)によって浸潤前線速度を求めた。

6. 実験結果

(1) 乾燥密度が同じ1.10 (g/cm^3)で初期含水比を8.8(%)、20(%)と変えて実験し、整理したものが図-2である。この2つのグラフは、地表面部の上層部の砂層の成形をする時、多少の密度の不安定さのために地表から5(cm)の読みはばらつきがあるが、15(cm)以下には安定してばらつきが少ない。次に2つのグラフの速度の大小を比較してみると、同じ締め固め度で初期含水比が小さい方が速くなるといえる。つまり空隙が大きいのほど速いと言える。又、2つのグラフは、下の地点に行くほど速度が少しずつ低下しているが、これは、水の浸透によって間隙圧が増大し、その結果速度が低下すると考えられる。

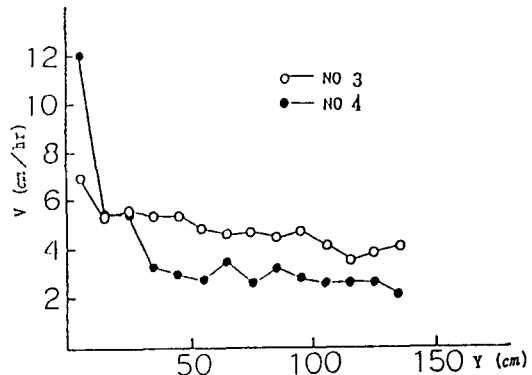


図-2 土柱の高さと浸潤前線速度の関係

(2) 表-2に示した実験の結果を整理して、単位体積当りの空隙の体積と、平均浸潤前線速度との関係をグラフにしたものが図-3である。これを見ると、締め固め度、初期含水比によらず、単位体積当りの空隙の体積が大きいのほど、平均浸潤前線速度が速くなることが言える。

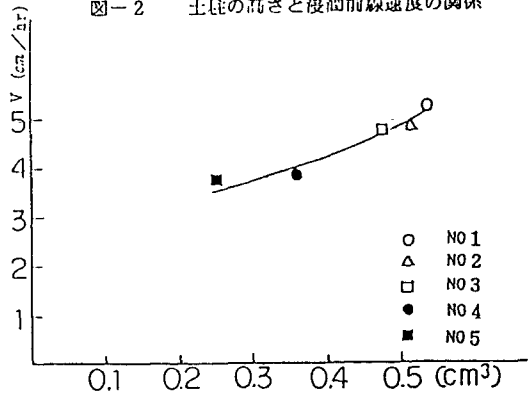


図-3 単位体積当りの空隙の体積と平均浸潤速度の関係

参考文献

- 1) 伊勢田哲也：昭和57年長崎県雨災害の解析および防災対策に関する研究 長崎大学工学部土木工学科：1985

3. プログラムの適用例と問題点

前回の研究により、①境界要素法においては、一定要素より線形要素を用いた方が収束回数が少ない。②境界条件が異なる点ではダブルポイントを用いた手法の方が精度がよい、ことが明らかにされていたので、今回は、線形要素とダブルポイントを用いた計算結果のみを示す。

図-2に示すような、底幅125m、盛土高さ30m、水位高さ25mの均質な盛土における収束状況を検討してみる。図-2に示すような水平の自由表面を初期自由水面として与えた場合、10回の収束により、図-3に示すような自由水面を求めることができる。初期段階において下流法面煮位置していた節点番号26-28の3節点が、最終段階において自動的に自由表面を示す組み込まれ、また24、23節点がダブルポイントに変更されていることが分かる。この問題において収束回数に最も大きく影響する因子は、下流斜面上の点における水圧の収束判定条件であり、堤体自由表面の収束判定条件はほとんど影響を与えない。浸出面における収束判定条件を厳しく取りすぎると、自由表面が大きく波うち、発散することがある。

図-4の示すような最終自由表面に近い初期水面を仮定しても、最終段階までには6回の繰り返し回数が必要であった。収束の回数が主として浸出面における解の改良に費やされていることによるものである。図-5にその結果を示す。

図-6に初期自由表面の位置と、収束回数を示している。ケース①、②では斜面上の点を自由表面に組み入れるのに3回に繰り返しの必要としているものの、それ以後は③、④、⑤と同じプロセスをたどって収束する。

以上のことより自由表面決定の精度を確保するには、ダブルポイントにおける処理に十分配慮が必要であることが明らかになった。

参考文献 1) 松井、荒牧：自由水面を有する浸透問題の自動プログラムの開発、
1988.3 土木学会西部支部発表会

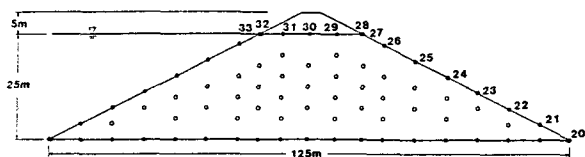


図-2 初期水面 CASE①

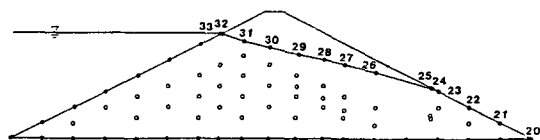


図-3 最終水面 CASE①

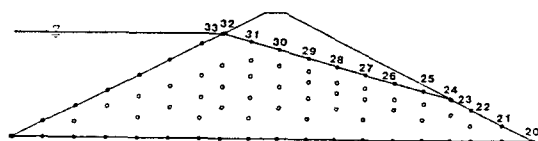


図-4 初期水面 CASE⑤

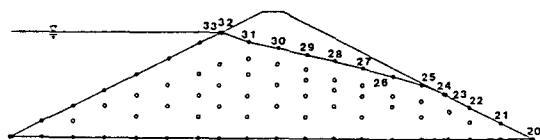


図-5 最終水面 CASE⑤

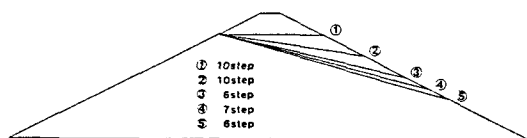


図-6 初期水面の位置による繰り返し回数