

和歌山工業高等専門学校 正員 〇佐々木 清一
関 西 大 学 工学部 正員 西田 一彦

1) まえがき

近年、解析手法の著しい発達により困難とされてきた不飽和流の解析が治癒に行なわれるようになってきた。そして、フィルダムを対象とした自由水面が変動する場合や、自由水面より上部の不飽和領域における解析に貢献している。ところで、この解析手法¹⁾は、不飽和領域における連水係数と水分拡散係数の把握を必要とする。著者らは、マサ土材料を使用したフィルダムの不飽和浸透解析にアプローチするため、そのために必要なパラメータを得るため土柱モデル実験を行いその結果について検討を試みた。

2) 試料と実験の概要

実験に用いた試料は、川砂と風化度の異なる種類のマサ土である。まず、風化度の判定は、見かけ比重、比表面積、強熱減量の諸量より統合して行った。その結果、川砂、マサM1、2、3と番号の大きい順に風化度が高くなる。これらの試料を筒柱容器(9×9×80cm)に均一な密度になるように詰める。そして、この容器にマリ奥特給水装置とトリフサ水頭80cmの下で、吸水と排水の実験を行った。とくに、サクシオンは、圧力変換器(±1kg/cm²)の先端にセラミック製チップを取り付け、また含水比は、γ線(Co⁶⁰00μCi)密度計も筒柱の任意の位置に移動させて計測できるように工夫し測定した。これらは、自動データ計測システムの利用により長時間にわたり観測した。

3) 結果の考察

風化度により基本物性の異なるマサ土の不飽和浸透特性について検討を試みるために、まず浸潤前線と時間の関係を調べてみると、その結果は、Fig.1のとおりである。川砂および風化度の小さいマサ土では、両者の関係は、ほとんど直線である。しかし、風化度の異なるマサ(M3)の関係は、パラボラ形となっている。この意味は、不飽和流の理論によれば、流水の間に生ずる

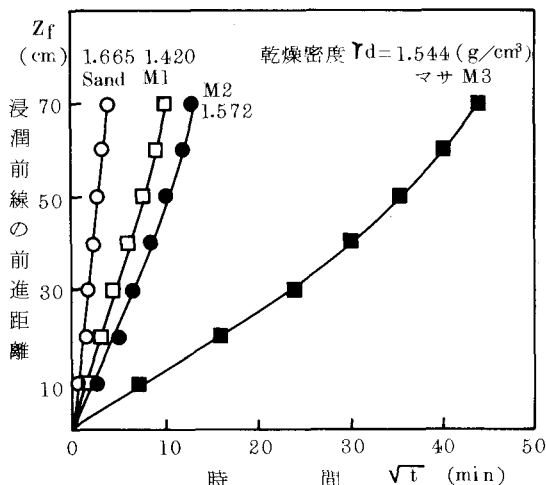


Fig.1 前進距離と時間の関係

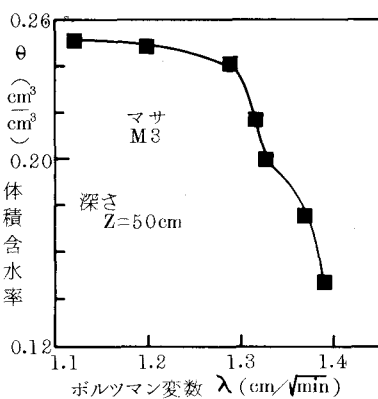


Fig.3 θ と λ の関係 (吸水)

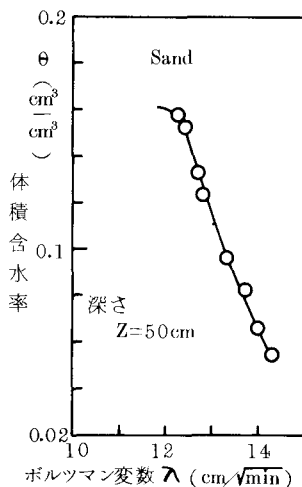


Fig.2 θ と λ の関係 (吸水)

体積変化、すなわちマサの場合には、圧縮沈下の結果であると言われている。

したがって、この現象が、極端に大きい場合は、体積変化を考慮した不飽和方程式

による解析を必要とすることを示唆するものである。さらに、風化度の大きいマサは、粒子も小さく表面積も大きい²⁾ため同じ浸潤前線に到達する時間が長い。この事実は、今後のパラメータにも著しく反映している。

不飽和土のパラメータは、一般に不飽和方程式(1)に基づいて決定される。そして、(1)式は、Boltzmann 変換

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left(D_{\theta} \frac{\partial \theta}{\partial z} \right) \text{----- (1) ただし, } \theta \text{ 体積含水率 (cm}^3/\text{cm}^3\text{)} \\ D_{\theta} \text{ 水分拡散係数 (cm}^2/\text{s)}$$

変換 $\lambda = Z/\sqrt{E}$, $\theta = f(\lambda)$ により解かれる。

Fig.2 および Fig.3 は, 体積含水率と Boltzmann 変数との関係について示したものである。この図より, 体積含水率は, 両試料とも Boltzmann 変数の増加によりユニークな曲線を描いて減少している。さらに, 風化度の効果は, これらの関係にも明白であり, 風化度大なるマサでは, Boltzmann 変数が小さく高い体積含水率を示す傾向にある。

水分拡散係数は, (1)式から導かれ(2)式で与えられる。

$$D_{\theta} = -\frac{1}{2} \left(\frac{d\lambda}{d\theta} \right) \int_{\theta_0}^{\theta_s} \lambda d\theta \text{----- (2) ただし, } \theta_0 \text{ 初期含水率 (cm}^3/\text{cm}^3\text{)} \\ \theta_s \text{ 飽和の含水率 (cm}^3/\text{cm}^3\text{) の手法は, Bruce と Klute}$$

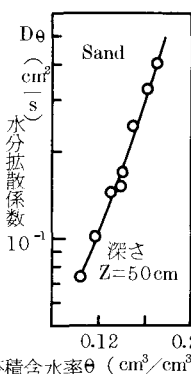


Fig. 4 砂の水分拡散係数 2×10^{-3}

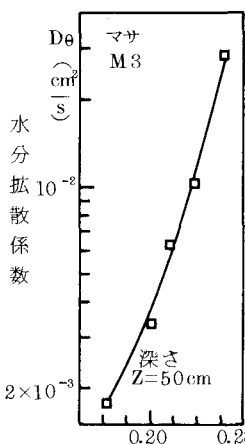


Fig. 5 マサの水分拡散係数

が始めたもので, Infiltration Method と言われているもので, 各時刻の体積含水

率の分布から, 上記のように体積含水率と Boltzmann 変数との関係を求め, この図上で $d\lambda/d\theta$ および $\int_{\theta_0}^{\theta_s} \lambda d\theta$ を求めると水分拡散係数が与えられる。このようにして得られた結果が, Fig.4 と Fig.5 である。とくに, このデータは, 土柱 50 cm の所の吸水中における一例である。この図より, 両者の関係は, 半対数紙上でほぼ直線の様子を呈している。そして, 風化度の大きいマサほど, 体積含水率が高いにもかかわらず水分拡散係数は, 小さい値を示している。これは, 風化度の大きいマサほど水分の浸透能が低いことを物語っている。さて, 吸排水中における不飽和透水係数について, 従来より各種の方法が提案されているが, とくに, 非定常法による場合, 排水時と比較すると吸水時では, 水分の不均一分布, 水分の流す方向の経時変化の測定の煩雑さ等の理由により良いデータを得るには, かなりの数のくり返し実験と必要とする。そのためかデータも少ないのが現状である。そこで, 割合簡単に精度よく求められる水分拡散係数を利用し式(3)の関係より求めた。 $K_{\theta} = D_{\theta} / \frac{d\theta}{d\psi} \text{----- (3) ただし, } K_{\theta} \text{ 不飽和透水係数 (cm/s), } \psi \text{ サクション (cm)}$

不飽和透水係数と体積含水率の関係は, Fig.6 と Fig.7 で示されるとありである。その結果, 不飽和透水係数は, 体積含水率の増減と深い関係にあり体積含水率の減少と共に際々に小さくなる様子を示している。ところで, 川砂に比較して風化度の大きいマサでは, 体積含水率が高いにもかかわらず, 透水係数は小さくなる。

4) まとめ

マサ土の不飽和透水係数を求める方法として水分拡散係数に基づいて算出する手法の有用性を示した。

5) 参考文献

- 1) 久保他 (1981) 「降雨と水位上昇にもとづく堤体内の非定常浸透流」, 第 16 回土質工学研究発表会, pp.1133~1136
- 2) R.N.ヤング他 (1975) 「土質工学の基礎」, 鹿島出版, pp.68~116

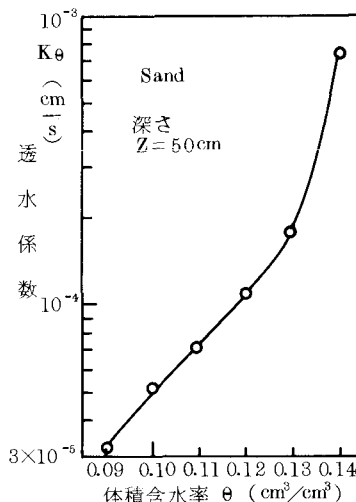


Fig. 6 砂の不飽和透水係数

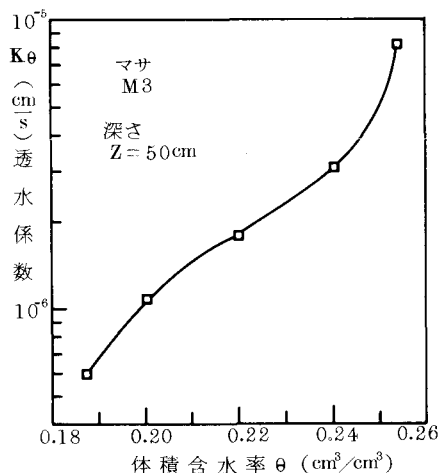


Fig. 7 マサの不飽和透水係数