

準好気性埋立構造における浸出液量の算定

九州大学 工学部 学生員○島岡 隆行 正 員 粟谷 陽一
福岡大学 工学部 正 員 花嶋 正孝 正 員 松藤 康司

1. はじめに

最終処分場(埋立地)における諸現象の解明が近年なされるようになったが、現象の定性的把握が主であり、定量的把握についてはほとんどなされていないのが現状である。埋立構造の一つで、全国的に普及している「準好気性埋立構造」は、「廃棄物の貯留」の機能にとどまらず「廃棄物の分解・安定」の機能を有していることに特徴がある。この構造の埋立地で生じる諸現象を解明するためには、埋立層での空気・水分の挙動、更には、微生物の生息の場としての層内の構造を科学的にとらえなければならない。本研究は、準好気性埋立構造に関する水の挙動、埋立層内部の構造解明を目的として着手したものである。埋立層での現象は物理・生物・化学的に極めて多彩かつ複雑であると考えられるが、本報告では敢えて埋立層を真砂土の覆土層と焼却灰のごみ層の2成層の場とし、水分の動態解析をすることにした。

2. 試料土の物理特性と試験法

本実験で用いた焼却灰は福岡市東部清掃工場の焼却灰で、10mmふるいを通過したものである。この焼却灰と真砂土の粒度組成を図-1に示す。土の透水性に影響を与える10%粒径(D_{10})をみると、焼却灰は0.38mm、真砂土は0.02mmと約20倍の開きがあることが分る。また、真比重は焼却灰が2.750、真砂土が2.660であった。

次に、マトリックポテンシャル(matric potential)と体積含水率(volumetric water content)の関係、つまり、水分特性曲線を「脱水過程」について求めた。水分特性曲線を求める方法はマトリックポテンシャル($-h$:cm)の値の範囲により異なり、種々の方法が考えだされている。 pF 値($=\log_{10} h$)により以下のような測定方法がある。(1)土柱法(pF 0 ~ 2.0)、(2)遠心法(pF 2.0 ~ 4.2)、(3)蒸気圧法(pF 4.2 以上)、また、全 pF 値に適用できる方法として(4)加圧法が挙げられる。

3. 実験装置 および 方法

水分特性曲線の測定方法の決定に際し、平均的な覆土厚は0.3 ~ 1.0mであること、また、焼却灰においては毛管水帯が10 ~ 20cmと予想されたことから、「土柱法」を採用することにした。実験装置を図-2に示し、装置はアクリルリング、受水槽およびマリ奥特管からなっている。アクリルリングは、内径7.0cmで高さ2.0cm、3.0cm、5.0cmのリングを各々数十個用意し、各種リングを組み合わせ全体で115cm(水面下5.0cmを含む)になるように積み重ねた。リング間はビニルテープで固定し、ビニルテープの巻き始め断端部の間隙に水漏れ防止のためグリスを塗布した。受水槽には、槽内水位を一定に維持させるために溢流管およびマリ奥特管を連結した。なお、装置頂部を湿潤したガーゼで被覆することによって、測定中の試料からの蒸発を防止した。試料の充填密度は焼却灰の場合1.50 t/m³とし、真砂土の場合は1.34 t/m³(最大乾燥密度1.58 t/m³の85%)とした。また、水分特性曲線が充填時における含水比により異なることが予想され、特に、焼却灰に関しては既存のデータが少ないことから、初期の含水比が2.3(風乾)、9.1%、17.7%の3つのケースについて行なった。

上記装置を同時に2器用い、所定の条件になるよう10cm間隔に試料を充填した。試料を充填した土柱を約半日間かけて底部より水を満して行き、内部の空気除去を目的として更に半日間送水した。その後、土柱内の水を底部より抜き、2つの装置のうち一方は7日間、他方は14日間排水させた。所定の期間経過後、アクリルリングを手早く切り離し、体積含水率を烘乾法により測定した。

4. 水分特性曲線と不飽和透水係数

まず始めに、排水期間の違いによる水分特性曲線の変化についてであるが、焼却灰、真砂土ともに排水期間の長短によらず、両者の水分特性曲線は極めて良好な一致を示していたことから、本実験条件下では7日間の排水期間で十分であると言える。

次に、初期含水比の異なる焼却灰の水分特性曲線を図-3に示す。大体においては任意のマトリックポテンシャルで、初期含水比が大きいほど体積含水率も大きく

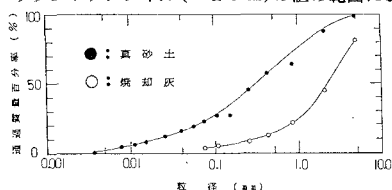


図-1 粒径加積曲線

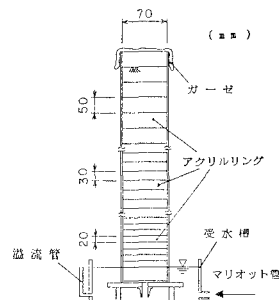


図-2 実験装置(土柱法)

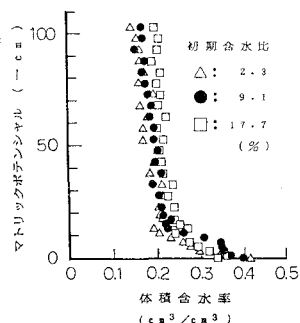


図-3 水分特性曲線

なっているが、マトリックポテンシャルが0に近いところでは逆転し、初期含水比の順に体積含水率は小さくなっている。この結果を踏まえ、焼却灰については埋立地に搬入された焼却灰の含水比が10%前後であることを考慮し、以下の議論は初期含水比9.1%の実験データを用いることにする。

水分特性曲線には各種の実験式^{2,3)}があるが、図-4, 5中に示す実線は、なかでも多用される M. TH. van Genuchten の式²⁾

$$\theta = \theta_r + (\theta_s - \theta_r) / [1 + (\alpha \cdot h)^n]^m \quad \dots (1)$$

$$m = 1 - 1/n \quad \dots (2)$$

但し、 θ_r : 残留水分量 (cm³/cm³), θ_s : 飽和体積含水率 (cm³/cm³),
 α , n , m : 定数

を示す。

不飽和透水係数は、Darcyの法則 および Kozenyの式 から理論的に導びかれた S. Irmay の式³⁾

$$K = K_s \cdot (\theta - \theta_r)^3 / (\theta_s - \theta_r)^3 \quad \dots (3)$$

但し、 K_s : 飽和透水係数 (cm/sec.), θ_r : 残留水分量 (cm³/cm³),
 θ_s : 飽和体積含水率 (cm³/cm³)

がある。(1), (2) および (3) 式から K と h との関係を求めたものを図-6, 7に示す。

飽和透水係数は定水位法で測定し、焼却灰は 4.51×10^{-2} cm/sec., 真砂土は 3.04×10^{-3} cm/sec. で、焼却灰の飽和透水係数は真砂土に比べて1オーダー大きいことが分る。

5. 埋立地における雨水の浸透過程

土壌物理学的観点に立った「埋立地にとって有利な覆土層、ごみ層」について埋立地の浸透過程を基にして議論を進めることにする。ここで言う「埋立地にとって有利な覆土層、ごみ層」とは、「浸出液量を削減できる覆土層、ごみ層」とする。まず第一に、図-6の焼却灰の不飽和透水係数からマトリックポテンシャルが-20 cm付近ではほぼ0となっていることから、マトリックポテンシャルが-20 cm以下の乾燥している状態では水分の移動がないことが分る。即ち、覆土層とごみ層の境界面、言い換えると覆土層底面のマトリックポテンシャルが-20 cm以下の場合には、ごみ層への雨水の浸透が起らないことになる。ここで、降雨開始時に覆土層の体積含水率分布が図-5中に破線で示している残留水分量程度であったとすると、この破線と水分特性曲線と $h = 20$ cm で囲まれる部分が、降雨開始後雨水がごみ層へ浸透し始めるまでに覆土層に吸水される水分量(貯留量)となる。本実験データから吸水量を覆土厚50 cmの場合について算出すると2.85 cm³/cm³となる。また、貯留量は、これ以上覆土厚を厚くしてもあまり変化しない。以上のことから一回の降雨量が貯留量以下であれば、覆土への吸水、降雨停止後の蒸発を繰り返すことから、理論的にはごみ層への雨水の浸入がないことになる。また、一回の降雨量が貯留量以上の場合でも、覆土層、ごみ層各々の不飽和透水係数の特性を活せば、雨水のごみ層への浸入を防ぐことが可能と思われる。

次に、前述した降雨量よりも多い降雨の場合を考えてみると、雨水はごみ層に浸入するとともに、覆土層飽和透水係数以上の降雨強度であれば表面流出が始まることになる。そこで、降雨量が多い場合は覆土層の飽和透水係数を小さくして、表面流出を促進させ表面排除量を多くしてやるのが望ましい。しかし、本実験の真砂土の飽和透水係数では、表面流出が発生するのは降雨強度10.9 mm/hr 以上の場合でかなり大きな値となる。

今後は、現場での降雨強度と降雨継続時間をもとに、覆土層およびごみ層の浸透流を解析して浸出液量の算定を行ない、埋立地にとって有利な覆土構造を追求して行きたい。最後に実験に御協力下さった、福岡大学土木工学科卒論生 井川弘之君に感謝いたします。

< 参考文献 >

- 1) 松川, 相馬 ; 農業土木学会論文集, 第104号, 31, 1983
- 2) M. TH. van Genuchten ; Soil Sic. Soc. Am. J., 44, 892, 1980
- 3) S. Irmay ; Transactions, American Geophysical Union, 35, 463, 1954

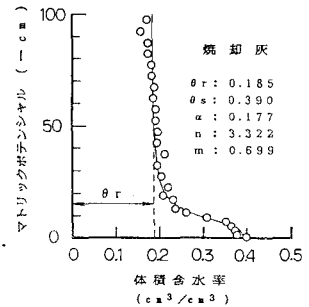


図-4 焼却灰の水分特性曲線

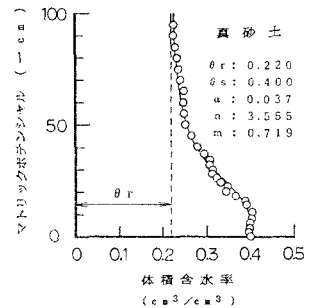


図-5 真砂土の水分特性曲線

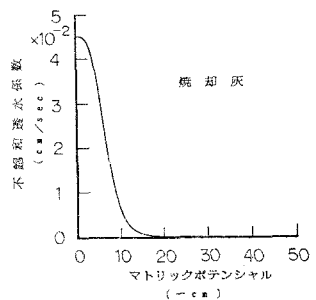


図-6 焼却灰の不飽和透水係数

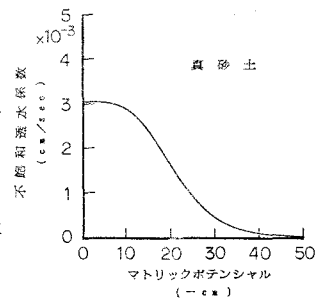


図-7 真砂土の不飽和透水係数