

埋立廃棄物処分場の覆土層における土壌浸食によるみずみち発生メカニズムの解明

熊本大学 学生会員 谷口 徳晃 熊本大学 正会員 椋木 俊文
 熊本大学 正会員 松本 英敏 旭化成ジオテック 正会員 安藤 彰宣

1.はじめに

埋立廃棄物処分場では、覆土層の不均質性や降水に伴う不飽和浸透流の卓越により覆土が浸食され、みずみちが形成されることが問題となっている¹⁾。特に、焼却灰埋立処分場では、雨水による洗い出し効果によって廃棄物層内の化学的な早期安定化を期待する場合、みずみちの存在は局所的な洗い出し効果をもたらし、廃棄物層全体の安定化は遅れる。みずみちは地盤内での密度の不均質性や浸透に伴う毛管力の消失による土粒子の移動で形成されると考えられるが、現象解明については未だ研究段階といえる。

本研究の目的は、埋立廃棄物処分場を対象とした覆土層内のみずみち形成メカニズムを解明することである。本報では産業用 X 線 CT スキャナを用いて散水実験前後の模型地盤を可視化し、地盤内での密度の変化とこれに伴う飽和透水係数の変化を評価したので、これらを報告する。

2.散水実験と X 線 CT 撮影

図 1 は散水実験装置の写真である。模型地盤は高さ 200mm、直径 200mm の円筒形であり、底部には排水層として厚さ 10mm のジオテキスタイルを敷設した。実験に用いた地盤材料は熊本県南関町で採取された「まさ土」である(平均粒径 850 μm 、均等係数 22.4)。本実験装置では図 1 上部の霧状噴射ノズルを用いて連続的な散水を実施し、模型地盤全面に均一に供給した。図 2 は模型地盤の表面である。

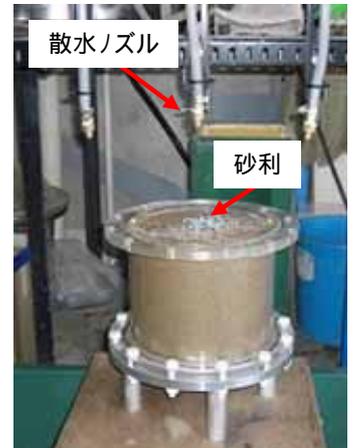


図 2 模型地盤上部の写真

散水に伴い、汚水集水管付近の砕石周辺の地盤条件が変化することを想定して、図 2 に示すような上端部から深さ方向に 150mm、直径 50mm の領域に砂利($D_{50}=20\text{mm}$)を充填した。散水により砂利間隙内に入り込む土粒子とその動きに伴う地盤内での密度変化および飽和透水係数の推移が評価できる。まさ土の模型地盤の乾燥密度は 1.5t/m^3 で、初期飽和度を 58%に調整した。

X 線 CT 撮影の諸条件は、管電圧を 300kV、管電流 2mA、X 線照射厚を 2mm、撮影ピッチを 5mm とした。画素数は 512×512 であり、画素寸法は $0.29 \times 0.29 \times 2\text{mm}^3$ である。散水前に初期地盤を X 線 CT 撮影し、1500mm 散水後に再び同模型地盤を CT 撮影した。

X 線 CT 法のアルゴリズム²⁾で得られる X 線吸収係数は物体の密度に比例することから CT 値も密度に比例すると考えられ、密度が既知である模型地盤を撮影することで CT 値と密度の相関をとることができる。同様に既知の密度で飽和透水試験を実施することで CT 値と飽和透水係数の相関をとることも可能となる。この較正を作成することでみずみちの発生メカニズムおよびその進展状況を定量的に評価する。

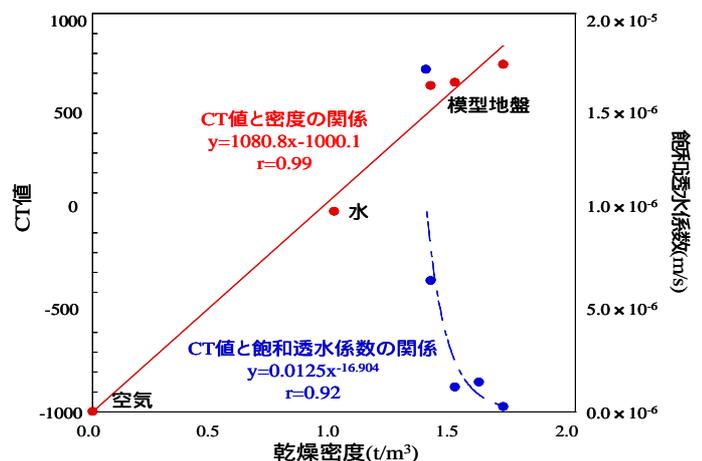


図 3 CT 値との較正

3. 実験結果

3.1 CT 値と密度および飽和透水係数の関係

図 3 は CT 値と乾燥密度および飽和透水係数の較正を示したものである。図中に赤で示した直線と式は空気(0.0 t/m³、CT 値： 997)、水(1.0 t/m³、CT 値： 9)、および密度の異なる模型地盤(1.4 t/m³、CT 値 640、1.5 t/m³、CT 値 663、1.7 t/m³、CT 値 745)に対応した CT 値を線形近似したものである。この較正式から換算される乾燥密度と実際の乾燥密度を比較すると、較正式による換算密度が平均 0.06t/m³ 上回ることが確認された。これを考慮すると CT 値から地盤内の密度を推定する場合、過大評価をしている可能性があるが相関性が比較的高いことから、この較正式を用いるものとする。飽和透水係数に関しては青で示したように累乗近似で曲線を求め、相関係数が 0.92 であったことからこれを較正式とする。

3.2 X 線 CT 画像での密度および飽和透水係数のコンター図

図 4(a)および(b)は散水前と散水後の模型地盤上部から 50mm 地点を撮影した水平断面画像であり、図 3 の結果を用いて求めた乾燥密度と飽和透水係数のコンター図である。図 4(a)の散水後の図で、赤破線で示すように砂利周辺で地盤が著しく浸食されている。これは、浸透に伴い初期地盤が持つ毛管力が失われ、さらに土粒子が下方へ押し流されていることが推察できる。

青破線で示した領域は、乾燥密度に換算して 0.74t/m³~0.36t/m³ の分布を持ち、密度の緩い領域を形成している。この緩み領域の面積は、初期状態に比べ断面全体で 3.7%増加していた。図 4(b)は密度 1.40t/m³~1.70t/m³ に対応する飽和透水係数を 3 値化して示したもので、黒い領域は 1.40t/m³ より密度が小さいか 1.70t/m³ より密度が大きいことを意味している。図 4(b)散水後の図より、初期状態と比較すると緩み領域の周辺に透水性の高い領域(青と緑の領域)が 6%増加していた。

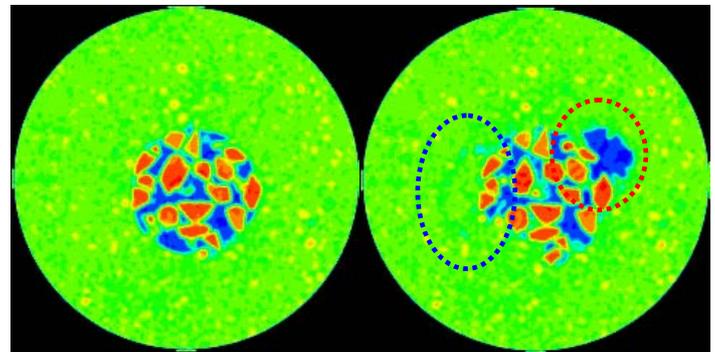
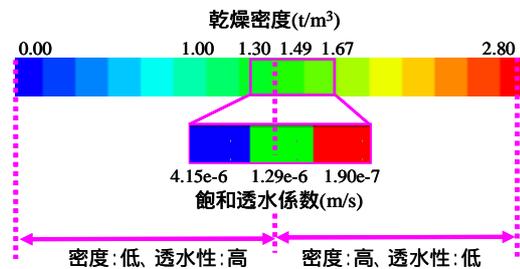
これらの結果より、みずみちには砂利周辺地盤が著しく浸食を受けたことにより発生し、成長していくみずみちと砂利から離れた位置においても飽和透水係数の局所的な高い値の分布が増加傾向を示した。このことから、土粒子配列が大きく変化しないまでも、細粒分が移動し緩み領域が発生したと考えられる。

4. おわりに

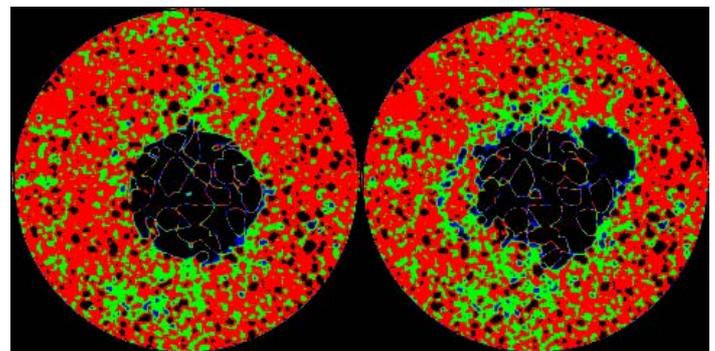
X 線 CT 法を用いて CT 値と乾燥密度および飽和透水係数の較正を作成し、これらを用いることでみずみちが発生したと思われる領域を可視化することができた。今後は CT 画像に基づいて不飽和浸透流解析を実施し、みずみちの形成に伴う地盤内の水頭変化を定量的に評価する。

【参考文献】

- 1) 樋口壯太郎：廃棄物埋立地の早期廃止・安定化促進に関する研究，平成 17 年度，第 16 回廃棄物学会研究発表会講演論文集，2005。
- 2) 椋木俊文：地盤工学における X 線 CT 法の適用に関する研究，熊本大学大学院自然科学研究科博士論文 pp,32-58, 2001。



散水前 散水後
図 4(a) 50mm 地点における乾燥密度のコンター図



散水前 散水後
図 4(b) 50mm 地点における飽和透水係数のコンター図