

東北学院大学工学部 正 ○石橋良信
KK復建技術コンサルタント 伊藤賢一
東北学院大学工学部 高橋 透

1. はじめに

凍結融解処理を施した上水汚泥の処分には現在、透水性の良さをしかも保水性の良さを生かした園芸用土壌としての再利用の道が開かれつつある。一方、土地造成用土壌としての利用も含めて地上投棄処分が行なわれる場合も多く見受けられる。本報告は水源を異にする浄水場の凍結融解処理ケーキの土質性状を物理的、力学的な観点から明らかにし、さらに一般的な土質と対比する上で明確になった火山灰質土との類似性について考察したものである。

2. 実験試料および指標

対象試料は仙台市近郊で凍結融解処理をしているK,L,M浄水場の脱水ケーキを用いた。3浄水場はともにダム水と水源にしているが、ケーキ組成はかなり異質のものであり、その性状を物理的試験結果とともに表-1に示す。なお、強熱減量は有機物の代用として用い、土質試験は土質試験法に準じて行なった。また、ケーキの含水状態の表現は含水比を指標として表わした。

表-1 ケーキ組成および物理試験結果

項目	SiO ₂ (%)	Ig.loss (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	初期含水比 (%)	真比重	塑性指数
K	44.0	19.5	25.5	6.43	152.0	2.44	33.0
L	20.2	37.5	35.4	1.43	163.0	2.12	NP
M	35.4	22.6	25.1	3.25	126.0	2.35	NP

3. 物理的性質

脱水直後のケーキ含水比は、もちろん人為的に操作できるものであるが、表-1に示すように100%をはるかに越え、さわめて高い値である。真比重は同表より2.1~2.4程度の値を示し、粘土粒子の真比重2.65前後に比して小さな値をとる。またコンシステンシーとしての塑性指数は初期含水状態で同表にみられるようにK浄水場では求められるものの、L,M浄水場ではNPすなわち非塑性になっている。以上物理的性質から類推すると凍結融解処理ケーキは特殊土に属し、とりわけ火山灰質土との類似性が非常に強いと思われる。

4. 力学的性質

突固め特性 凍結融解処理ケーキは乾燥の程度、突固め方法の如何んによって突固め特性が異なることが予想され、以下の3種の試験方法を採用した。a法：湿潤状態にあるケーキを空気乾燥し、所定の含水比になった試料に対して加水しながら突固める方法、試料は繰返し使用する。b法：a法と同様に試料調整試験するか、試料は繰返し使用しない。c法：任意の含水比に乾燥させた別々の試料に対し、突固め試験を行なう。試料は繰返し使用しない。突固め試験は内径100mm、高さ127mm、内容積1000cm³のモールド内に試料を3層に分けて充填し、各層は重量2.5kg、落下高30cmのランマーで各層あたり25回の突固めを行な

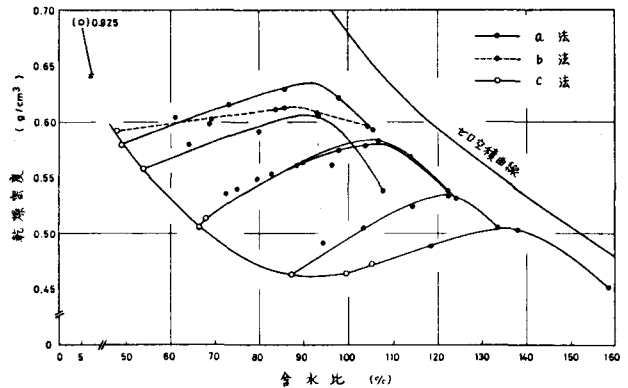


図-1 突固め曲線 (L浄水場)

った。このような試験で得られた各浄水場の突固め曲線の代表例を図-1に示す。a法に従った場合、任意の含水比と乾燥密度は乾燥処理した実験開始時の含水比（初期含水比）ごとに山形の突固め曲線として表わされる。本実験における突固め曲線は初期含水比を低下させるほどピークの頂点として求められる最大乾燥密度は高くなり、同時にその点での含水比、最適含水比も低くなる傾向がみられる。この傾向は乾燥を行なうことによって土質工学的性質が変化するという火山灰質土の性質に非常によく一致する点である。

また多くの火山灰質土のもつ乾燥密度は $0.4 \sim 0.7 \text{ g/cm}^3$ の低い値を示すといわれている。²⁾ 各浄水場ケーキの示す乾燥密度も有機物量が多くなるにつれてより低くなる傾向は示すものの、含水比40%以上では $0.45 \sim 0.7 \text{ g/cm}^3$ の範囲にあり、値の上からも火山灰質土に近い性質を示している。b法によった場合にはa法より粒子が破壊される割合が少ない故にa法より緩やかな曲線として現われる。またc法による突固め曲線は湿潤域においていったん小さなピークを作り、乾燥にともなうある含水比を境に立上る形状をとる。立上る点での含水比はK,M浄水場では65%付近に、L浄水場では85%あたりになり、有機物含有量が多くなるほど湿潤側に移行していく。これは有機物が乾燥に付随して生じる収縮や土粒子との結合の変化を起す割合が高いことに起因する。なお、ケーキの突固め試験では含水比が110~120%の湿潤状態になるとオーバーコンパクションを起しはじめ、130%を越えると正常な突固めができ得ない状態になる。

透水性 透水性の測定は前項のb法によって突固め、乾燥密度を求めるための所定の測定を行なった試料をモールドごと透水試験機にセットし、変水位法で行なった。M浄水場の例を図-2に示す。全体的に透水性は低含水域では良好であるが湿潤状態に移行するにつれて悪化し、含水比100%を越える付近から再び回復する傾向がみられる。透水係数の値は同じ含水比と始点に突固められたものではないので一概に比較できないがK浄水場で $2 \times 10^{-4} \sim 9 \times 10^{-6}$ 、L浄水場で $2 \times 10^{-3} \sim 7 \times 10^{-3}$ 、M浄水場で $1.5 \times 10^{-3} \sim 1 \times 10^{-4} \text{ cm/s}$ 程度の大きな値であり、有機物が多いL浄水場の値が大きく変化幅が少ないことが注目される。

強度特性 凍結融解ケーキの強度をb法に従って突固めた後一軸圧縮試験機にかけ強度を測定した。K浄水場の場合を図-3に示す。その結果、各浄水場ケーキに共通する傾向は、突固め曲線と一軸圧縮強度とを対応させれば、一軸圧縮強度のピークは最適含水比よりやや乾燥側に現われる。一軸圧縮強度の最大値はK,L,M浄水場の順に1.5, 0.47, 0.67 kg/cm^2 であり小さい。この場合にも透水性と同様突固め初期含水比が一定でないため一概に論じ得ないが、L浄水場ケーキのように有機物が多く含まれるケーキは圧縮強度がより小さくなる傾向にある。

4. 結 論

以上の諸現象は火山灰質土と類似の傾向を示し、K,M浄水場ケーキは火山灰質粘性土と、L浄水場ケーキは有機質火山灰土に分類される。しかも乾燥処理にともなう土粒子と有機物との結合状態の変化から諸現象は説明し得ることが多い。また凍結融解処理ケーキが火山灰質土と同様の特性を示すことは火山灰質土の生成過程と上水汚泥の凍結過程および形成された土質構造に多くの共通点があることに原因している。

参考文献) 1) 鈴木敦巳: 土と基礎 Vol.21, No.8, P.49~50, 1973. 2) 前田 隆池: 農土誌, 第46巻第12号, P.19~25, 1978.

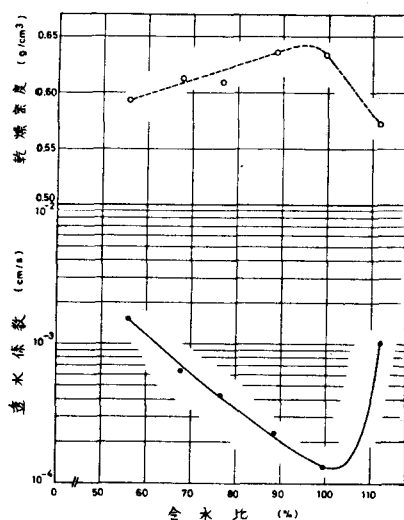


図-2 突固め曲線と透水係数(M浄水場)

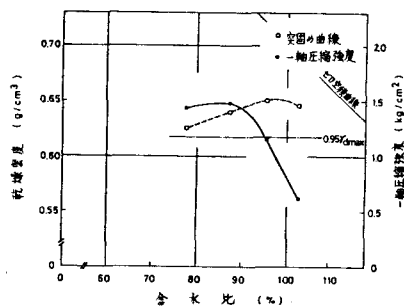


図-3 突固め曲線と一軸圧縮強度(K浄水場)