

高含水率汚泥の脱水に関する一考察

東北大学工学部 学生員 ○後藤光龜

〃 正員 佐藤敦久

〃 学生員 中村 晋

1 はじめに 上水汚泥や水酸化物等の高含水率汚泥を凍結融解処理すると、結晶構造が変化し粒子が粗大化し脱水速度の向上等の効果が得られる。しかし、未処理と処理後の水酸化物を高い圧力(20^{kg}/cm²程度)で圧搾すると、ケーキの最終含水率は処理後の方が高くなるという報告がある¹⁾。そこで、未処理と凍結融解処理後の水酸化アルミニウムについて、圧密透過実験および沈降実験を行ない、両者の脱水特性について検討を加えてみた。

2 実験装置および方法 実験試料のAl(OH)₃は、硫酸バンドを

蒸留水に溶かし、NaOH溶液を滴下攪拌しながら中和させてつくり、沈澱農縮して実験に供した。この試料を-20℃で凍結させ、室温で融解させた。また、未処理および処理後の試料と処理後の試料を家庭用ミキサーでそれぞれ、5, 70分攪拌し粗大化した粒子を破壊した試料とについて沈降実験を行なった(恒温槽温度12℃, 試料量=1L, 容器1リットルシリンダー)。圧密透過実験装置は、圧密箱(内径60mm)を各荷重段

表 初期条件および実験結果

実験 No.	実験条件	初期20分 密度 ρ_0 (g/cm ³)	初期含水率 w ₀ (%)	最終沈降層 厚さ L_p (cm)	最終含水率 w _f (%)
A	未処理	1.0336	95.79	0.367	76.11
B	未処理	1.0564	92.33	0.810	76.75
C	Aを5分攪拌	1.1235	83.86	2.124	74.58
D	Bを5分攪拌	1.1391	81.93	2.421	73.21
E	Cを5分攪拌	1.0750	89.83	1.091	72.62
F	Cを70分攪拌	1.0474	93.77	0.524	68.66

3 実験結果および考察 表に初期条件と結果を示す。以後、実験番号[A]~[F]を単に[A]~[F]と記す。沈澱農縮時の上澄水中溶解物質質量(Na₂SO₄量等)は未処理および凍結処理後もほぼ同じで、含水率w₀=97.81%(乾燥残物換算)みかけ密度 $\rho_0=1.0178$ (g/cm³)であった。また、これらの結果よりAl(OH)₃の真密度 ρ を算定すると2.98(g/cm³)であった。図-1,図-2に各試料の沈降曲線を示す。凍結後の[C],[D]では、等速沈降区間はほぼ等しいが、[D]の堆積層は沈降開始5分間に急激に増加する。[C],[D]の粒度分布が等しいならば図中の破線のように堆積が進むはずであるから、原液の初期濃度が大きければ凍結後の粒子の粗大化(沈降速度の向上)も大きくなることが知れる。また、沈降終極は[C],[D]とも2時間ほどで平衡に達した。[A]と[F]の試料を顕微鏡で観察すると[F]にわずかに破壊しえぐに残った微粒子が存在するが視覚的にはほぼ同じで、沈降初期では[F]は[A]に比べて沈降が遅いほどである。未処理の[A]は20時間ほどで平衡状態になるが、凍結して結晶構造の変化した[F]は長い等速沈降後に平衡に達する。最終沈降体積は[A]>[F]>[E]>[C]となり、未処理の[A]が最も水分を含有する。図-3に、圧密透過実験時のある荷重段階初期を圧密度 $\sigma=0$ [%], 平衡時 $\sigma=100$ [%]とした場合の σ と時間 t の関係を示した。この図から、[B]は[F]に比べ長い期間にわたり直線関係を示し、ろ液量と脱水時間が放物線関係にあることを示す。しかし、[D]は脱水開始1分以内で圧密度 $\sigma=90$ [%]程度となり、荷重撤荷直後には急激に脱水され、1分以後はゆるやかに平衡状態に達することが知れる。

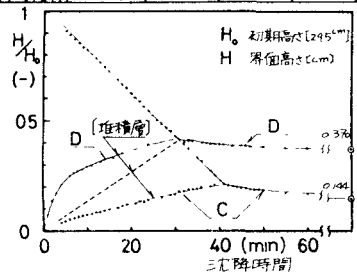


図-1 沈降曲線(凍結融解後)

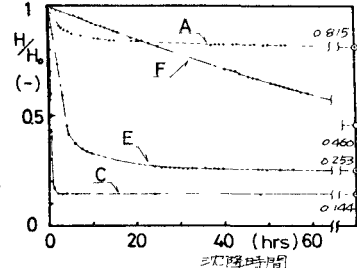


図-2 沈降曲線(未処理,処理後)

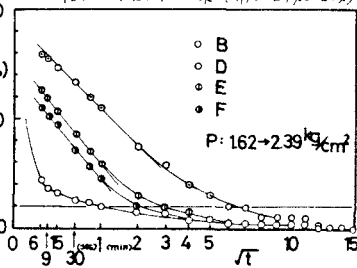


図-3 圧密度(σ)と脱水時間(t)

庄、[F]は両者の中間の現象を示す。これらの現象は各荷重段階で認められた。未処理の $Al(OH)_3$ はコロイド性を呈し、その網状構造中に含有されている水分が圧力増加によって徐々に脱水されると考えられる。凍結すると氷の成長に伴いこの水分は排斥されるようになり、粗大化した粒子間の空ゲキに比較的自由的な状態で含まれる。この空ゲキ中の水分は圧力の増加直後に相対的に大きな空ゲキ部分が圧縮されて比較的簡単に脱水され、以後小さい空ゲキ部分の水分がゆるやかに脱水されて、ある荷重に

対する平衡空ゲキに達すると考えられる。図-4は、間ゲキ比 e と圧密圧力 P (kg/cm^2)の関係を示したもので、 $e = e_0 \cdot P^{-c_c}$ (e_0, c_c 定数)の式が成立する。このとき、空ゲキ率 $m = \frac{e}{1+e}$ となる。圧縮性は、未処理の[A][B]が凍結後の[C][D]よりも大きく、2倍以上の値を示す。間ゲキ比は、圧力 $5 (kg/cm^2)$ 以下では未処理の方が大きい。5 (kg/cm^2)以上では凍結処理の方が大きくなる傾向を示す。このときの間ゲキ比は約77 (空ゲキ率 $m=0.09$ 、含水率 $w=72$ %)である。したがって、ゲキの最終含水率だけを見ても、5 (kg/cm^2)以上の圧力で脱水する場合、未処理のまま $Al(OH)_3$ の方が低い含水率のゲキが得られると考えられる。庄、[F]では、[C][D]に比べ間ゲキ比の値は小さくなるが、圧縮性は大きくなり[A][B]の値に近づく。図-5は、20℃時に換算した変水位透水係数 Re_{20} (cm/s)と圧密圧力の関係を可も未処理の $Al(OH)_3$ は、[B][F]よりも明らかに透水性がよく、凍結後のものは、粗大化した大きい間ゲキ[C]よりも透水性がよい。[C]と[D]では、圧力が増加するにつれ両者の透水性の差は小さくなる。最終荷重段階($P=355 (kg/cm^2)$)時で、[C]は[A]の約40倍の透水性を示すのに対し、[D]は[B]の約150倍を示す。したがって、初期濃度も大きくして凍結融解させれば、透水性は著しく改善されることになる。また、圧力の増加に伴い、未処理と処理後の透水性の差は小さくなる傾向にあるので、圧力を大きくした場合には、凍結処理の効果はそれほど望めないと考えられる。[E]は、未処理のものより透水性はよいが、[F]では悪くなる。これは、粗大

粒子を破壊した[E][F]とは微粒子になっても網状構造にはもどらないので、粒子間中の水分は脱水されやすく、圧力の増加に伴い間ゲキが減少し透水性が悪くなるためと考えられる。また、最終沈降容積の小さい[C]が[E][F]よりも脱水時に間ゲキ比が大きいのは、粗大化した粒子間の間ゲキ中に脱水されない微粒子あるいは水分が残るためと考えられる。しかし、実際にはミキサーのような強い攪拌力がかかることはないので凍結処理後の $Al(OH)_3$ が未処理のものより透水性が悪くなることはない。凍結処理後の $Al(OH)_3$ は脱水速度が非常に大きいので高い圧力時では比抵抗値を求めることは一般に困難であるが、各荷重段階平衡時の空ゲキ率と透水量から、Kozeny-Carmanの透過式に成立すると仮定して比抵抗値を算定し、図-6に示した。圧力 $0.5 \sim 10 (kg/cm^2)$ の範囲で未処理の比抵抗値は、 $10^4 \sim 10^{12} (cm/g)$ 程度であるから、凍結後は約 $1/100$ 程度になる。

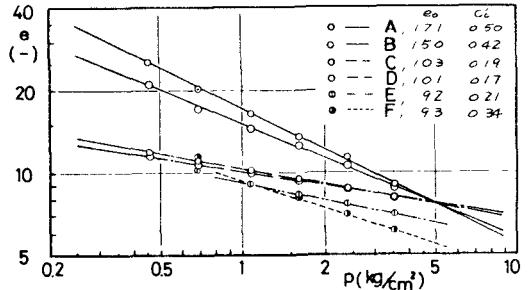


図-4 間ゲキ比 e と圧密圧力 P

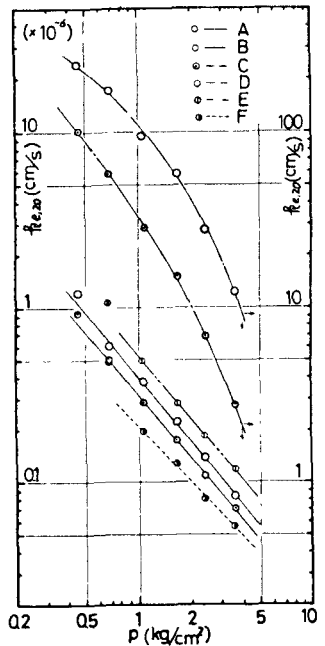


図-5 透水係数 Re_{20} と圧密圧力 P

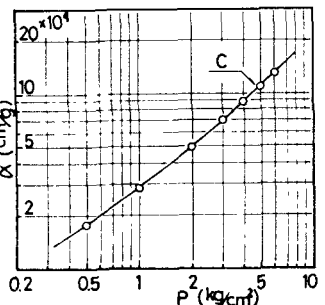


図-6 比抵抗 α (算定)と過圧力 P

参考文献 1) 大井、亀谷「水酸化物の圧密による粒子の凝集」水処理技術 1974, 1977 2) 佐藤、石高後「土と水との界面特性に関する考察」全国土質研究委員会講演集 52.5