

上水汚泥の無薬注処理に関する基礎実験

東北大学工学部 学生員 ○ 永岡英治
正 員 佐藤敦久
正 員 後藤光晃

1. はじめに 本報告は、上水汚泥の無薬注加圧脱水の限界を知る目的で、上水汚泥の脱水処理の中で最も脱水性の改善が期待できるとされる凍結融解処理した上水汚泥と無薬注加圧脱水した上水汚泥のケーキ含水率を比較したものである。

2. 実験試料 試料は、仙台市近郊の5つの浄水場より採泥した上水汚泥である。これらの試料を重力沈降濃縮し実験に供した。これら試料の組成分析および粒子密度の結果を表-1に示す。

3. 凍結融解処理実験 重力沈降濃縮した上水汚泥1をホーロー引きバット(20×26×4^{cm})に入れ、-10℃の冷凍機内で凍結させ、室温で融解させた。また 処理後の30分後の沈降体積および上澄水の濁度を測定した。粗大化した粒子の粒径分布は、水中で静かにふるい分けることにより求めた。

4. 真空脱水実験(ヌッチェ試験) 未処理の重力沈降濃縮した上水汚泥を、ろ過面積69.4^{cm}²、3紙No.5C、試料量200^{ml}、真空度100~500^{mm}Hgとしてヌッチェ試験を行ない、クラック発生時を最終ケーキ含水率とした。また、硫酸バンド溶液にNaOH溶液を加え、pHを7付近に調整して生成させたAl(OH)₃についてもヌッチェ試験を行なった。また、ろ液の水質(pH、濁度、電導度、総アルカリ度)を測定した。凍結処理した試料の場合、ろ過面積19.4^{cm}²、3紙No.5A、試料量は、処理後の上水汚泥の沈降体積で約60^{ml}、全量で約120^{ml}とし、ろ液量がほぼ定常になったときのケーキ含水率を測定した。

5. 圧縮透過実験 圧縮透過実験は、各圧縮圧力P₂に対して平衡空気気率nを示す均一圧縮ケーキを形成させ、その透過能力を測定するものである。実験装置は、圧密試験機の原理を利用し、各圧縮圧力平衡時に透水実験が行なえるように改良したものである。初期試料厚は、3^{cm}とし、3材には凍結処理後の試料の場合、3紙No.5A、自然沈降濃縮試料の場合、3紙No.5Cを用いた。また 各圧縮圧力に対する平衡点は 10分間にダイヤルゲージの読みが3/10^{mm}以下になったときとした。ここで、未処理試料の圧縮透過実験における平衡空気気率からケーキ含水率を算定し、無薬注加圧脱水処理したときのケーキ含水率を算定した。

6. 結果および考察 表-2に、ヌッチェ試験結果を示した。未処理のA汚泥のろ液濁度が最も大きく、E汚泥ではゼロであった。凍結処理後の試料では、いずれの汚泥の上澄水にも濁度があり、特に、A、C汚泥の濁度が大きい。図-1に、処理後の上水汚泥の粒径分布を示した。粉末活性炭が注入されたE汚泥は、他の汚泥に比較して微細粒子が多く、凍結処理による効果が十分発揮されて

表-1 試料特性

上水汚泥	取手場	S.O ₂ (%)	Al ₂ O ₃ (%)	Fe ₂ O ₃ (%)	MnO(%)	P ₂ O ₅ (%)	CaO(%)	SiO ₂ (%)	粒子密度(g/cm ³)
A	三好浄水場	42.69	30.74	4.73	0.32	0.98	0.09	18.12	2.523
B	"	37.42	28.24	4.82	0.18	0.84	0.02	21.14	2.608
C	七ヶ浜浄水場	37.77	27.10	11.33	0.40	0.82	0.07	23.85	2.650
D	"	34.23	31.62	4.60	0.33	0.66	0.02	24.57	2.635
E	八木沢浄水場	20.10	18.90	2.32	0.27	0.64	0.05	52.87	2.176

ろ液 濁度 60℃, 30^{min}

表-2 ステッチェ試験結果

試料	重力沈降濃縮汚泥										凍結処理汚泥			
	初期試料厚 L ₀ (mm)	α=α ₀ P ⁿ α 平均値(10 ⁻³ g/cm ³) n	ろ液水量 Q ₀ (ml)	pH	15分後濁度 (ppm)	30分後濁度 (ppm)	60分後濁度 (ppm)	15分後沈降体積 (ml)	30分後沈降体積 (ml)	60分後沈降体積 (ml)	初期沈降濁度 (ppm)	15分後沈降濁度 (ppm)	30分後沈降濁度 (ppm)	ケーキ含水率 w ₀ (%)
A	95.47	134×10 ⁻¹⁰	0.787	20.44	5.07	35.6	58.4	61.0	93.51	140	12.8	52.39	52.25	~4.2
B	96.31	807×10 ⁻¹⁰	0.831	87.27	5.00	30.9	52	48.8	95.98	140	87	52.06	59.5	7.5
C	96.51	207×10 ⁻¹⁰	0.801	20.06	5.20	33.0	5.7	77.9	94.42	138	11.6	54.76	55.2	0.5
D	97.82	197×10 ⁻¹⁰	0.763	22.33	7.59	19.2	12.3	22.0	97.58	56	62	55.20	60.4	5.2
E	96.88	193×10 ⁻¹⁰	0.785	52.45	7.76	130	0	32.2	94.69	260	73	60.22	64.2	3.3

②、第3項 n=a+b/g P₂^{1/2} 関係から算定

表-3 圧縮透過実験結果

試料	重力沈降濃縮汚泥			凍結融解処理汚泥		
	初期試料厚 L ₀ (mm)	a	b	初期試料厚 L ₀ (mm)	a	b
A	95.34	1.1339	-0.0920	P ₂ 7480	87.26	-1.542
B	96.05	1.1125	-0.0768	P ₂ 200	81.61	-1.200
C	96.43	1.1264	-0.08715	P ₂ 480	9.588	-1.661
D	97.56	1.1155	-0.07842	P ₂ 7480	8.632	-1.515
E	96.59	1.0711	-0.06976	P ₂ 7300	13.306	-2.234

いないようである。また、30分後の沈降体積もE汚泥が最も大きい。このように、粉末活性炭の注入はケーキ量の増大を招く結果になる。他の処理後の汚泥の粒径分布は、ほぼ同じであった。また、図-2に、圧縮試験における未処理汚泥のクラック発生時含水率 w_c' と定圧過飽和数 K_R の関係を示した。

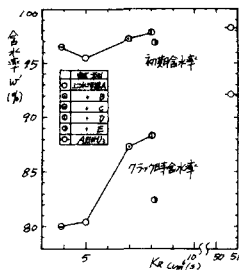


図-2 含水率と圧縮指数 K_R の関係

この図から、 w_c' は K_R の大きいほど高い値を示す傾向にある。特に、 $Al(OH)_3$ の K_R は、かなり高い値を示すがクラック発生時ケーキ含水率が大きい。これらの結果から、一般に K_R の大きい汚泥はクラック発生時含水率が高い値を示す結果となる。ただし、粉末活性炭の入ったE汚泥は他の汚泥の傾向と異なる結果となった。

図-3に、凍結処理した汚泥の圧縮過飽和試験結果($e - \log P_s$)を示した、($e = \frac{n}{1-n}$, $w = \frac{pe}{P_s + p} \times 100$, e : 間き比(-), n : 間き率(-), w : 含水率(%))この $e - \log P_s$ の関係は、表-3に示したように、ある圧縮圧力 P_s 以上で直線関係を示す。また、図-4に、未処理汚泥の圧縮過飽和試験結果($n - \log P_s$)を示した。この $n - \log P_s$ の関係もある P_s 以上で表-3に示したような直線関係を示し、この直線の傾きは汚泥性状によって変化する。いま、この $n - \log P_s$ の関係を高い圧縮圧力においても成立するとして、 $P_s = 20,000$ (kg/cm²)に於けるケーキ含水率を算定すると表-2のような結果を得る。この結果と凍結処理真空脱水後の含水率を比較すると、A汚泥の場合は、未処理の方が凍結処理の場合よりわずかに含水率が低く、C汚泥もほぼ同じ含水率となる。他の汚泥は未処理の方が3~7%ほど凍結処理より高くなった。以上のことから最終含水率だけを比較すれば、A、C汚泥は、無薬注圧水 (圧縮圧力 20 kg/cm^2)で処理すれば、凍結融解処理+真空脱水とほぼ同等のケーキが得られると考えられる。

図-4 凍結融解処理後の粒径分布

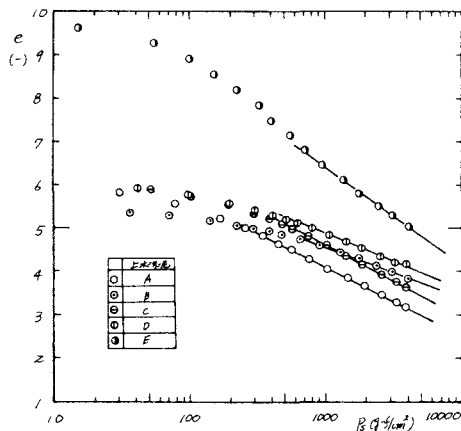


図-3 平衡間き比 e と圧縮圧力 P_s の関係

7. おわりに

今回は、重力沈降濃縮した汚泥について比較したが、凍結融解処理では前処理として遠心濃縮などを行なって汚泥の含水率を低下させる。今後は、この濃縮した汚泥について比較検討を加えてみたい。

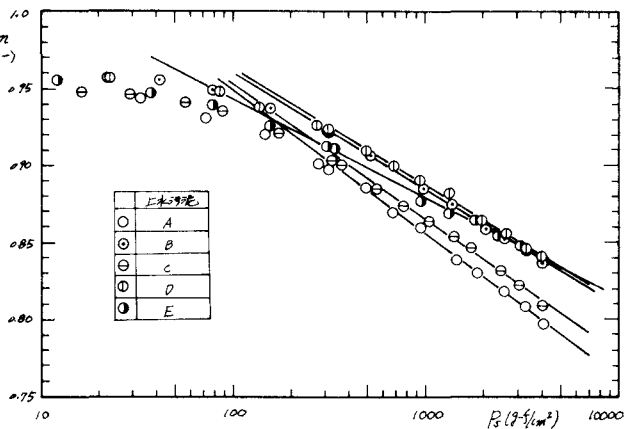


図-4 平衡含水率 n と圧縮圧力 P_s の関係