

混合処理した産業廃棄物汚泥の固化特性に関する研究

九州工業大学工学部 正会員 ○永瀬 英生 廣岡 明彦
九州工業大学大学院 学生会員 井上 玄己
九州工業大学工学部 柳瀬 直洋

1.はじめに

わが国の産業廃棄物排出量は近代産業の発達とともに増大し、その廃棄物の多くは最終処分場で埋め立てられている。その跡地を高度に利用するためには、地盤を安定化するための技術を開発することが重要な課題と考えられる。そこで本研究では、改良材等の添加による混合処理を行った産業廃棄物汚泥の特性を明らかにする目的で、配合試験、一軸圧縮強度試験を行った。

2.用いた試料

本研究では、福岡県内の廃棄物処分場にて埋立て処理される廃酸・廃アルカリ中和汚泥 3 種、製造工程発生汚泥 3 種、酸洗い中和汚泥 3 種、排水処理施設発生汚泥 2 種（以下、それぞれ番号をつけ、汚泥 1、汚泥 1-1、汚泥 1-2……汚泥 4、汚泥 4-1 と称す。）の 11 種類の汚泥を用いた。また、改良材としては、高炉セメント B 種、BMアッシュ、セメント系固化材（一般軟弱土用）（以下では、一般軟弱土用と表記する）の 3 種類を用いた。表-1 に各試料の物理的性質について示す。

表-1 汚泥の物理試験

	自然含水比 $w_n(\%)$	液性限界 $w_l(\%)$	塑性限界 $w_p(\%)$	塑性指数 I_p	土粒子密度 $\gamma_s(g/cm^3)$	湿潤密度 $\gamma_t(g/cm^3)$
汚泥1	135	121	95	26	3.017	1.429
汚泥1-1	117	157	80	77	3.453	1.460
汚泥1-2	60	80	49	31	4.073	1.794
汚泥2	120	103	56	46	2.778	1.443
汚泥2-1	126	129	70	58	3.097	1.425
汚泥2-2	32	37	33	4	2.968	1.307
汚泥3	212	209	109	100	3.525	1.289
汚泥3-1	93	114	54	60	3.420	1.572
汚泥3-2	138	188	81	107	4.336	1.415
汚泥4	216	234	82	82	2.791	1.186
汚泥4-1	32	42	32	10	3.982	2.214

表-1 から、同じ発生過程であるにも拘わらず、排出先によって含水比に大きな違いが生じており、汚泥 4 のように一見パラパラとしているが、含水比が高いものもある。土粒子密度については、すべての汚泥が通常の土の $2.6(g/cm^3)$ より大きい値を示している。

3. 配合試験・一軸圧縮強度試験

配合試験ではまず、4mm ふるいを通過した汚泥と鉍滓の試料を用い、ミキサーにその試料と改良材を投入し、攪拌させた。練混ぜにおいては 1 分練混ぜた後、試料を掻き落とし、その後、3 分練り混ぜた後に掻き落して、計 10 分となるまで練混ぜを行った。練混ぜ後、モールドに試料を詰めて、供試体寸法が直径 50mm、高さ 100mm の円柱供試体を作製した。このとき、試料は 3 層になるように投入し、各層ごとにタッピングを行い、気泡を除去している。試料を詰め込んだ後、上部を平らにし、気温 $20\pm 3^\circ C$ の室内で封緘養生した。養生期間は 7、28 日としている。本試験では、目的の異なる配合試験 4 ケースを行った。

一軸圧縮強度試験は、JIS A 1216(土の一軸圧縮試験方法)に従って行った。このとき、載荷速度は圧縮ひずみ $1\%/min$ 、測定間隔は圧縮ひずみ 0.2% 毎とした。本試験では、一軸圧縮強度の目標強度をトラフィカビリティの関係から $400kN/m^2$ としている。

4. 試験結果

表-2～5 に配合試験 1～4 の一軸圧縮強度試験結果を示す。

(1)配合試験 1：本試験では、改良材に一般軟弱土用と BM アッシュを用いて固化の程度を確認するが、固化しない場合は有機質土用、産業廃棄物用のセメント系固化材を用いて順次試験し、同様に固化の程度を確認することを目的とする。

表-2 からわかるように、汚泥 3、汚泥 4 とともに BM アッシュでは強度不足であったが、一般軟弱土用 200 kg/m³ の配合では目標強度を上回っている。

(2)配合試験 2：本試験は、汚泥 1～4 にもそれぞれ複数の排出先があるので、発生工程毎のばらつきを確認するために行った。

表-3 からは、排出先や発生工程で試料の性質が異なることがわかる。なお、汚泥 2-2 は、含水比も低くパラパラとしているため、他の汚泥と同様に練混ぜ・タッピングを行ったが、成型できなかった。

(3)配合試験 3：本試験では、粉状攪拌とスラリー状攪拌 (W/C=70%) の 2 種類の比較を行い、固化材の混合方法による固化への影響を確認することを目的とする。

表-4 の結果では、スラリー状にすることで汚泥 2 は強度が増加したが、汚泥 3 は強度が減少した。これは、汚泥 3 は元々含水比が高く、スラリー状にすることでさらに水分が多くなったためと考えられる。

(4)配合試験 4：本試験は、スラリー状攪拌 (W/C=70%) の場合の練混ぜ水による強度発現傾向の違いを確認するために行った。

表-5 からわかるように、汚泥 2、汚泥 3 とともに水道水よりも海水・硬水で攪拌した方が、より強度が高くなっている。特に、海水での攪拌が強度増加には最適であると考えられる。

5. まとめ

本研究では、改良材を混合した汚泥の一軸圧縮強度試験を行ったところ、汚泥 2 であれば高炉セメント B 種 200 kg/m³ を海水で攪拌した配合が最適である、というよう

に、配合を変化させることにより強度発現に違いがあることがわかった。今後は、改良材の添加量を 150kg/m³ とした配合を行い、最適配合量を求めることや汚泥 2、汚泥 3 以外の汚泥に対しても改良材のスラリー状攪拌を行い、効果を検討する予定である。

表-2 配合試験 1 における一軸圧縮強度試験結果

	改良材	添加量	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	
			7日強度	28日強度
汚泥3	BMアッシュ	100kg/m ³	24.0	35.5
汚泥3	BMアッシュ	200kg/m ³	51.5	65.7
汚泥3	一般軟弱土用	100kg/m ³	105.0	137.3
汚泥3	一般軟弱土用	200kg/m ³	457.1	1334.2
汚泥4	BMアッシュ	100kg/m ³	35.2	39.4
汚泥4	BMアッシュ	200kg/m ³	62.1	71.3
汚泥4	一般軟弱土用	100kg/m ³	53.8	72.4
汚泥4	一般軟弱土用	200kg/m ³	264.9	477.7

表-3 配合試験 2 における一軸圧縮強度試験結果

	改良材	添加量	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	
			7日強度	28日強度
汚泥1-1	高炉セメントB	100kg/m ³	50.1	84.3
		200kg/m ³	101.0	205.0
	一般軟弱土用	100kg/m ³	47.1	86.3
		200kg/m ³	373.8	1216.4
汚泥1-2	高炉セメントB	100kg/m ³	145.2	221.7
		200kg/m ³	260.0	400.2
汚泥2-1	高炉セメントB	100kg/m ³	56.4	78.0
		200kg/m ³	390.4	730.8
汚泥2-2	高炉セメントB	100kg/m ³	×	158.9
		200kg/m ³	×	425.8
汚泥3-1	一般軟弱土用	100kg/m ³	103.0	162.8
		200kg/m ³	1030.1	1412.6
汚泥3-2	一般軟弱土用	100kg/m ³	103.0	153.0
		200kg/m ³	379.6	981.0
汚泥4-1	一般軟弱土用	100kg/m ³	967.3	1893.3
		200kg/m ³	2727.2	3629.7

表-4 配合試験 3 における一軸圧縮強度試験結果

	改良材	添加量	一軸圧縮強度 (kN/m ²)	
			7日強度	28日強度
汚泥2	高炉セメントB	100kg/m ³	764.2	1069.3
		200kg/m ³	1756.0	2217.1
	高炉セメントB スラリー	100kg/m ³	1010.4	1402.8
		200kg/m ³	2472.1	3178.4
汚泥3	一般軟弱土用	100kg/m ³	105.0	137.3
		200kg/m ³	423.8	1334.2
	一般軟弱土用 スラリー	100kg/m ³	86.1	126.5
		200kg/m ³	373.8	826.0

表-5 配合試験 4 における一軸圧縮強度試験結果

				一軸圧縮強度(kN/m ²)	
				7日強度	28日強度
		改良材	添加量		
汚泥2	高炉セメントB	水道水 スラリー	200kg/m ³	2472.1	3178.4
		海水 スラリー	200kg/m ³	3188.3	3737.6
		硬水 スラリー	200kg/m ³	3080.3	3423.7
汚泥3	一般軟弱土用	水道水 スラリー	200kg/m ³	373.8	826.0
		海水 スラリー	200kg/m ³	426.7	933.9
		硬水 スラリー	200kg/m ³	401.2	923.1