

混合処理した産業廃棄物汚泥の固化特性

九州工業大学大学院 学生会員 井上玄己
九州工業大学大学院 正会員 永瀬英生 廣岡明彦
九州工業大学 道上慶拓

1. はじめに

我が国の最終処分場の残余年数は、分別・リサイクル等の普及や中間処理により微増傾向にあるが、新たな処分場の確保は困難なため依然として危機的状況にある。そこで、処分場では残余容量の増加を目的とした対策を行い、延命化を図ることが重要となっている。

福岡県内にある最終処分場では、臨海部の埋立て終了後に容量増加を目的として、高さ約30mまで産業廃棄物を嵩上げする計画がなされている。また、この跡地利用として緑地公園等の計画もなされている。今日までにこのような産業廃棄物で構成された盛土の事例は少なく、産業廃棄物または産業廃棄物同士を混合した材料の特性についてはあまり明らかにされていないのが現状である。

本研究では、上記した最終処分場を対象とし、計画されている盛土および埋立地盤の安定性を検討することを目的として、各種試験を行った。試料には産業廃棄物の中で取扱量の多い汚泥を用いた。試験としては、物理試験、改良材により混合処理した汚泥の一軸圧縮強度試験およびタンクリーチング試験を行った。

2. 用いた試料について

試料は、産業廃棄物処理場に持ち込まれる、廃酸・廃アルカリ中和汚泥3種、製造工程発生汚泥3種、酸洗中和汚泥3種、排水処理施設汚泥2種、集塵機脱硫汚泥2種の計13種である。各汚泥の物理試験結果の一覧を表1に示す。汚泥13種は表1に示すように番号を付けて区別した。汚泥1、汚泥1-1、汚泥1-2を見てわかるように同じ分類の汚泥であっても排出業者の違いにより含水比に大きな違いがあることがわかる。また、汚泥5を除くすべての汚泥において土粒子密度は通常の土の2.65 (g/cm³) よりも大きい値を示している。なお、改良材としては高炉セメントB種とセメント系固化材（一般軟弱土用）を用いた。

4. 試験結果

4-1. 一軸圧縮強度試験

各汚泥に改良材を混合した試料の一軸圧縮強度の一覧を表2に示す。改良材の配合量は150kg/m³としている。本研

表1 物理試験結果

汚泥の種類	自然含水比 W_n (%)	土粒子密度 ρ_s (%)	塑性指数 I_p	湿潤密度 γ_t (g/cm ³)
汚泥1	135.0	3.017	26.2	1.429
汚泥1-1	117.2	3.453	77.2	1.460
汚泥1-2	60.1	4.073	31.1	1.794
汚泥2	120.4	2.778	46.4	1.443
汚泥2-1	125.7	3.097	58.4	1.425
汚泥2-2	32.4	2.968	3.8	1.307
汚泥3	211.5	3.525	99.9	1.289
汚泥3-1	92.6	3.420	60.1	1.572
汚泥3-2	138.2	4.336	107.2	1.415
汚泥4	215.6	2.791	81.8	1.186
汚泥4-1	32.1	3.982	9.9	2.214
汚泥5	131.7	2.529	—	1.280
汚泥5-1	54.2	4.221	18.8	1.990

表2 一軸圧縮強度試験結果

汚泥の種類	改良材	7日強度	28日強度
汚泥1	高炉セメントB種	93	478
汚泥1-1	セメント系固化材	177	432
汚泥1-2	高炉セメントB種	251	323
汚泥2	高炉セメントB種	1401	1568
汚泥2-1	高炉セメントB種	179	858
汚泥2-2	高炉セメントB種	102	209
汚泥3	セメント系固化材	222	427
汚泥3-1	セメント系固化材	385	735
汚泥3-2	セメント系固化材	257	488
汚泥4	セメント系固化材	174	562
汚泥4-1	セメント系固化材	1354	2506
汚泥5	高炉セメントB種	282	963
汚泥5-1	高炉セメントB種	41	122

(単位: kN/m²)

究では、現場のトラフィカビリティを確保するために目

標一軸圧縮強度を 400kN/m^2 としている。

28 日養生後の一軸圧縮強度をみるとほとんどのケースで目標強度に達している。目標強度に達していない汚泥に対しても、改良材の混合量を 200kg/m^3 に増加させたものでは目標強度が得られている。ただし、コスト面を考慮すると、改良材の混合量を増やすこと以外での強度増加を図ることについて検討する必要があると考えられる。

4-2. タンクリーチング試験

改良した汚泥による地盤の長期強度や地下水面下での強度安定性も明確にすべき重要な特性である。そこで、混合処理した産業廃棄物汚泥の長期強度や水中養生を受けたときの固化特性を検討するために、改良汚泥の長期水中養生後での一軸圧縮強度試験を行った。本試験では、汚泥 1-2、2、3、4 を対象とし、供試体作製後、28 日までは温度 $20 \pm 3^\circ\text{C}$ の気中養生を行い、その後、水中養生を開始し 140 日までの長期水中養生を行った。改良材として汚泥 1-2、汚泥 2 に高炉セメント B 種を、汚泥 3、汚泥 4、にセメント系固化材（一般軟弱土用）を用いた。

各配合における一軸圧縮強度を表 3 に示す。実験結果より、汚泥 2 の場合すべて目標強度に達しているものの水中および長期養生によって大幅な強度減少が見られる。この他のほとんどの汚泥においても 56 日目（水中 28 日目）で強度が減少している。この原因として、改良した汚泥の固化が終了するまでの養生期間に違いがあることや水中養生における供試体内への水の浸透が考えられる。

4-3. 含水比を調整した汚泥の一軸圧縮強度試験

試料の含水比の違いが一軸圧縮強度に与える影響について明らかにすること、さらに最も強度発現が見られる含水比を推定することを目的として実験を行った。用いた試料は、タンクリーチング試験で一軸圧縮強度の低下が見られた汚泥 2 と処理場への搬入量の最も多い汚泥 3 とした。

混合に際しては段階的に含水比を調整した各汚泥を用い、改良材として汚泥 2 には高炉セメント B 種 (100kg/m^3)、汚泥 3 には一般軟弱土用 (150kg/m^3) を配合した。また、改良材は粉末とスラリー状態の 2 通りの方法で混合した。

汚泥 2、汚泥 3 の一軸圧縮強度と含水比の関係を図 1 に示す。含水比は試料を混合・攪拌した直後に測定したものである。図 1 より、汚泥 2 の配合ケースで最も一軸圧縮強度が高かったのは、配合後の含水比が 77.6% 時であることから、汚泥 2 の最も強度が発現できる配合後含水比は 70%

表 3 一軸圧縮強度試験結果

汚泥の種類	配合量 (kg/m^3)	養生日数		
		28 日目	56 日目 (水中 28 日目)	140 日目 (水中 112 日目)
汚泥 1-2	100	369.7	209.0	207.0
	200	468.6	439.0	466.2
	300	772.1	604.0	1735.8
汚泥 2	100	3018.4	1817.1	2131.5
	200	5347.1	4188.6	2851.0
	300	6388.1	5066.5	2697.7
汚泥 3	150	211.5	186.1	208.4
	200	507.6	432.5	484.1
	300	1929.9	1514.0	2504.2
汚泥 4	200	364.8	325.2	338.2
	300	571.9	580.5	663.4

(単位: kN/m^2)

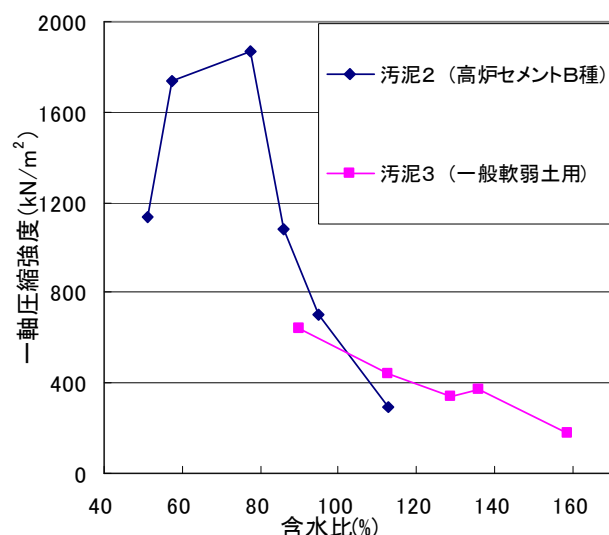


図1 一軸圧縮強度と含水比の関係

程度であると推測できる。また、汚泥 3 においては、含水比を下げることで徐々に強度が増加している。以上のことから含水比が強度に大きく影響することがわかった。

5. まとめ

本研究では、混合処理した産業廃棄物汚泥の固化特性に与える混合条件および養生条件の影響について検討した。その結果、水中養生により強度減少が見られること、混合処理時の供試体含水比が強度に大きく影響することが明らかになった。後者の結果より、汚泥を改良する際に含水比を調整することは、セメントの混合量を減らすことができ、コスト面と処理容量を増加できる点から有効な方法であるということが確認できた。