

混合処理した汚泥の強度特性

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

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、本研究では産業廃棄物間の混合、および改良材等の添加による混合処理を行った汚泥の強度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. 試料について

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製造工程発生汚泥、酸洗い中和汚泥(以下、それぞれ、汚泥 A、B と称す)の2種の汚泥と、転炉鉍滓を試料として用いた。また、改良材として高炉スラグ微粉末、高炉セメント B 種、福岡県内の火力発電所から採取した流動床灰を使用した。表-1 に各試料の物理的性質について示す。

表-1 試料の物理的性質

	自然含水比 w_N (%)	塑性指数 I_p	土粒子密度 γ_s (g/cm ³)	湿潤密度 γ_t (g/cm ³)	粒 度 組 成		
					D ₁₀ (mm)	D ₃₀ (mm)	D ₆₀ (mm)
汚泥A	120.4	46.4	2.78	1.44	0.00085	0.0078	0.011
汚泥B	211.5	99.9	3.53	1.29	0.0005	0.0009	0.0018
転炉鉍滓	13.4		2.91		0.15	0.63	1.08

汚泥 A は、主成分が全リンおよびフッ素化合物で構成されており、鉄も比較的多く含まれている。汚泥 B は主成分が鉄であり、COD やフッ素化合物も多く含まれている。また、汚泥 B には硫黄も含まれており、刺激臭がある。pH は汚泥 A では 9.5、汚泥 B では 9.0 となっている。

3. 配合試験

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粉体状の改良材を投入し、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±3℃の室内で封緘養生した。養生期間は3、7、28日としている。

改良材の特性を明らかにするため、表-2 に示す配合ケース A の試験を行い、さらに汚泥と鉍滓を混合した場合の特性を明らかにするため、表-3 に示す配合ケース B の試験を行った。このとき、汚泥と鉍滓は質量比で配合し、汚泥質量が 50%、および 70% の場合について強度試験を実施した。各配合での練混ぜ直後の含水比を表-4 に示す。

表-2 配合ケース A

改良材	配合量 (kg/m ³)	汚泥の配合比率(質量比)	
		汚泥A	汚泥B
流動床灰	50	100%	100%
	100	100%	100%
	200	100%	100%
高炉スラグ 微粉末	50	100%	100%
	100	100%	100%
	200	100%	100%
高炉セメントB種	50	100%	100%
	100	100%	100%
	200	100%	100%

表-3 配合ケース B

改良材	配合量 (kg/m ³)	汚泥の配合比率(質量比)	
		汚泥A	汚泥B
なし		50%	50%
消石灰	30	50%	50%
		70%	70%
高炉セメントB種	100	50%	50%
		70%	70%
消石灰 高炉セメントB種	消石灰 30 セメント 100	50%	50%
		70%	70%

表-4 各配合ケースでの含水比

改良材	配合量 (kg/m ³)	汚泥の配合比率(質量比) 100%	
		汚泥A	汚泥B
流動床灰	50	104.0%	173.3%
	100	97.8%	158.5%
	200	83.8%	134.3%
高炉スラグ 微粉末	50	102.7%	179.1%
	100	96.0%	158.9%
	200	81.6%	136.7%
高炉セメントB種	50	101.1%	176.1%
	100	93.7%	154.2%
	200	83.5%	123.1%

改良材	配合量 (kg/m ³)	汚泥の配合比率(質量比) 50%	
		汚泥A	汚泥B
なし		48.0%	66.2%
消石灰	30	47.9%	59.6%
高炉セメントB種	100	42.8%	48.6%
消石灰 30 高炉セメントB種 セメント100		44.2%	57.6%

改良材	配合量 (kg/m ³)	汚泥の配合比率(質量比) 70%	
		汚泥A	汚泥B
消石灰	30	64.2%	90.1%
高炉セメントB種	100	62.1%	87.4%
消石灰 30 高炉セメントB種 セメント100		28.5%	87.0%

4. 一軸圧縮強度試験

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。試験結果を図-1~3 に示す。ただし、配合ケース B の改良材なしの結果については図に示していないが、このときの一軸圧縮強度の増加は非常に小さいものであった。図-1 より、汚泥 A では、高炉セメント、高炉スラグ微粉末を多量に添加することによって大きな強度が発揮されており、添加量を増加させると材齢とともに強度も増加する傾向が見られる。流動床灰を添加した場合でも強度の増加は見られるが、高炉セメントや高炉スラグ微粉末の場合に比べると小さい。また、改良材なしで鉱滓と混合してもほとんど強度が増加していないことから、汚泥 A では、改良材の化学反応が強度増加に大きく影響すると思われる。汚泥 B では、図-2 より全ての改良材で強度が増加していないことがわかる。これは、非常に細かい土粒子が多く含まれていることと、含水比が高いため、改良材の効果がほとんど発揮されていないと考えられる。しかし、図-3 の結果(材齢 7 日までのデータしかないが)より、高炉セメントを添加したケースでは、消石灰を添加し、含水比を下げることによって強度増加が大きくなっている。また、粘土分が多いため、汚泥 A に比べて消石灰の効果が大きく発揮されたことも考えられる。

5. まとめ

混合処理した汚泥の強度特性を調べた結果、以下の挙動が観測された。(1)汚泥 A では、高炉セメント、高炉スラグ微粉末を添加することで大きな強度を発揮し、添加量を増加させると材齢とともに強度が増加した。(2)汚泥 B に改良材を添加しても、非常に細かい土粒子が多く含まれることと含水比が高いため、改良材の効果が発揮されてなかった。(3)汚泥 B に高炉セメントを添加する場合、消石灰を添加することによって強度が増加した。

今回は、物理的性質と強度の関係について検討を行ったが、今後は、化学的な検討も行う必要がある。

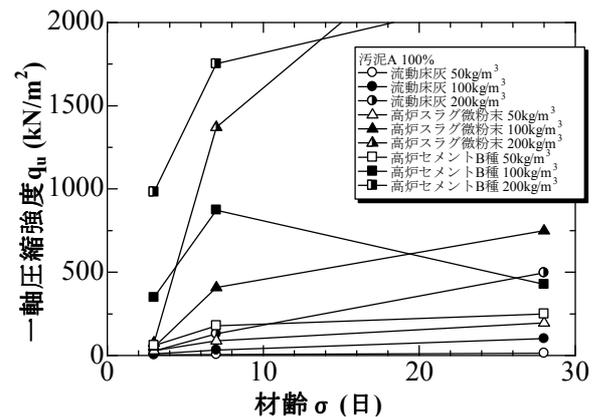


図-1 一軸圧縮強さの経時変化

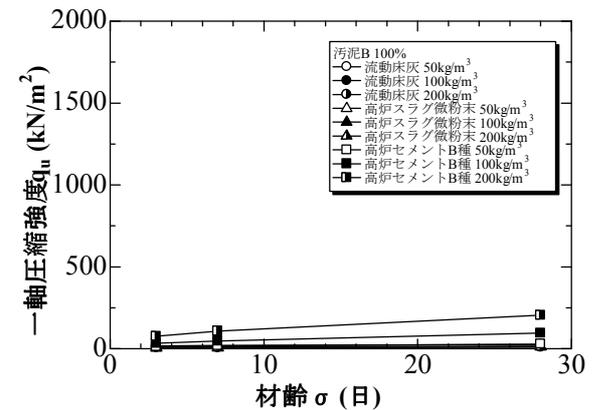


図-2 一軸圧縮強さの経時変化

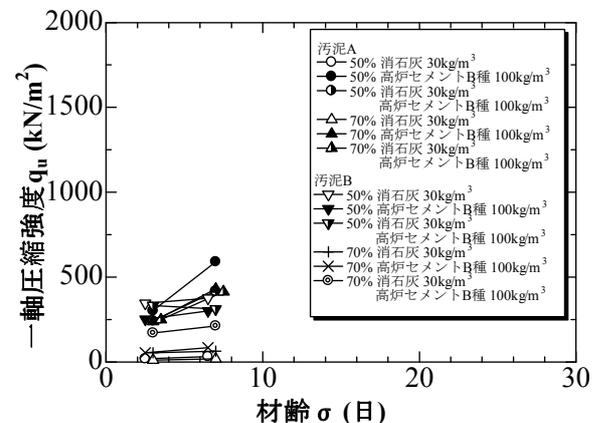


図-3 一軸圧縮強さの経時変化