

気泡混合処理を施した建設汚泥の有効利用についての研究

福岡大学工学部 正会員 佐藤研一 学生員○ 藤川拓朗 学生員 濱寿紀
麻生セメント(株) 正会員 井上秀治 麻生セメント(株) 非会員 田中久士

1. はじめに

著者らは、建設汚泥の有効利用法を考え、建設汚泥を気泡混合処理し、この処理により軟弱地盤での盛土材や裏込材としての新たな土工材料としての有効利用について検討を行っている。そこで本研究は、建設汚泥を用いた気泡混合処理土の三軸圧縮特性及び拘束圧による影響を調べるため、三軸圧縮試験を行った。また、これらの処理土は通常の利用状態では不飽和状態を保っているが、降雨や地下水の浸透により、飽和度が変化する。そこで、気泡混合処理土の雨水、地下水の影響による耐久性を確認することを目的として乾湿繰返し試験を行った。これらの試験により建設汚泥を新たな土質材料として用いる場合の有効性を確認するとともに、そこから得られる結果を設計法に反映させる。

2. 実験概要

2-1 実験に用いた試料及び供試体の作製方法

実験では、建設現場から建設副産物の一種として発生するスラッジ水を圧搾した脱水ケーキを用いた。また比較材料として海砂を用いた。図-1 に試料の粒径加積曲線、表-1 にその他の物理特性を示す。気泡混合処理土の作成は、これらの土質材料にセメント及び気泡を混合して作成するものである。今回の配合では、土セメント比を1.0、セメント量を250, 300, 350kg/m³の3種類とし、目標フロー値が180±20mmになるように配合した。実験を行った配合条件を表-2 に示す。その結果、処理土の湿潤密度は、0.6~1.4g/cm³の範囲となった。なお、供試体の形状はφ5×h10cmとした。

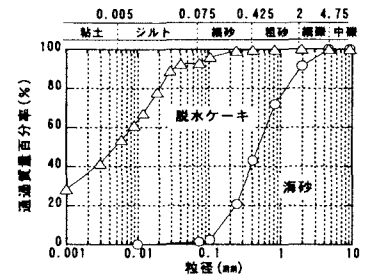


図-1 試料の粒径加積曲線

表-1 試料の物理特性

土質材料名	自然含水比(%)	密度(g/cm ³)	均等係数U _e	曲率係数U _s
脱水ケーキ	52.3	2.690	47.78	0.87
海砂	2.7	2.652	0.33	1.20

表-2 実験に用いた配合表

土質材料	S/C	試験名	セメント量	空気量(%)	セメント(kg)	土(kg)	水(kg)	気泡量(L)	湿潤密度
脱水ケーキ	1.0	乾湿	250	29	250	381	394	300	1.04
		三軸	350	4	350	533	535	37	1.42
		三軸	300	17	300	457	458	175	1.22
海砂	1.0	乾湿	250	63	250	257	151	666	0.69
		三軸	350	52	350	359	201	543	0.94
		三軸	300	56	300	308	187	593	0.82

配合条件の供試体を用い UU 試験で行った。この試験では処理土の三軸圧縮特性の把握及び水分の影響について検討を行った。試験条件としてせん断の軸ひずみ速度εは1%/minとし、拘束圧σ_cは0.049, 0.098, 0.196MN/m²の3種類とした。ただし、気泡混合処理土は多くの独立気泡を有しているため飽和させることが難しいとされている。そのため本実験では、供試体作製後に恒温恒湿で56日間空气中養生させたものを湿潤供試体、作製後に湿潤供試体と同じ条件で28日間養生させた後さらに28日間水浸養生させたものを水浸供試体とした。

(2) 耐久性試験 建設汚泥を用いて作製された気泡混合処理土の耐久性を把握するため、表-2 に示す配合で乾湿繰返し試験を行った。試験は、三軸圧縮試験と同様に材齢28日の湿潤供試体を用い、7日間風乾燥させ、その後7日間水浸させる工程を1サイクルとし、3サイクルまで経過したものの一軸圧縮試験を行った。なお、海砂は、1サイクルまでのデータである。図-2 は、作製した供試体のサイクル数と含水比の関係を表したものである。

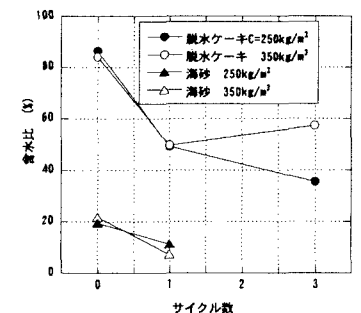


図-2 サイクル数と含水比の関係

3. 結果及び考察

3.1 三軸圧縮試験

表-3 および図-3(a)(b) に三軸圧縮試験の結果、図-4 に同一配合の一軸圧縮試験の結果を示す。図より脱水ケーキ、海砂において応力-ひずみの関係に拘束圧の違いによる影響が見られないことがわかる。また、養生条件の違いによる影響も見られない

表-3 三軸圧縮(UU)試験結果

試料名	状態	粘着力C _u (MN/m ²)	せん断抵抗φ _u (°)	一軸圧縮強さq _u (MN/m ²)
脱水ケーキ	水浸	1.623	0	3.255
	湿潤	1.68	0	3.314
海砂	水浸	0.552	0	1.110
	湿潤	0.693	0	1.402

い。図-4 は同一条件を用いて行った一軸圧縮試験結果である。この結果から見ても、気泡混合処理土の拘束圧依存性が小さいことがわかる。

図-5(a)(b)に養生条件別にまとめたモールの応力円を示す。また、この結果をもとに各主応力差の平均値を粘着力 C_0 とし、これと一軸圧縮強さ q_0 の1/2との関係を図-6に示す。これによると、海砂と脱水ケーキの湿潤供試体について両者はほぼ等しくよい相関性を示している。従って建設汚泥を用いた気泡混合処理土の設計を行う際は、粘着材料(C材)として取り扱うことができと思われる。

3.2 処理土の耐久性の検討

図-7(a)(b)にセメント量の異なる気泡混合処理土の一軸圧縮試験結果を示す。いずれのセメント量においても乾湿繰返しを受けることにより破壊ひずみが大きくなっていることがわかる。またセメント量 $350\text{kg}/\text{m}^3$ については僅かな強度増加が見られる。図-8に乾湿のサイクル数と q_0 の関係を示す。セメント量 $250\text{kg}/\text{m}^3$ についてはサイクル数の増加とともに特に強度が低下している。

一方、セメント量 $350\text{kg}/\text{m}^3$ については1サイクル目で強度増加を示したが、3サイクル目は強度が低下している。これは、その後の乾燥工程で供試体に乾燥収縮によるひび割れが生じ、サイクル数の増加に伴うひび割れの進行があったと考えられる。

4. まとめ

- ①三軸圧縮(UU)試験より、三軸圧縮試験(UU)結果より、今回の気泡混合処理土は拘束圧に依存しない粘着材料(C材)であることが確認された。
- ②建設汚泥を用いた気泡混合処理土の強度は乾湿繰返しの乾燥行程における乾燥収縮の影響を受け、サイクル数の増加に伴い、ひび割れが進行していく。

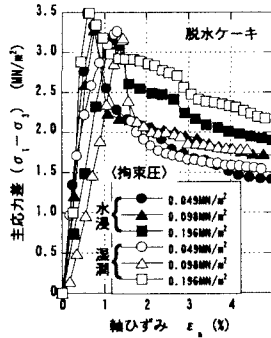


図-3(a) 三軸圧縮試験結果 (脱水ケーキ)

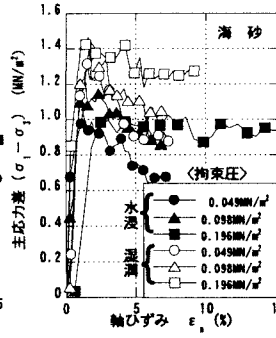


図-3(b) 三軸圧縮試験結果 (海砂)

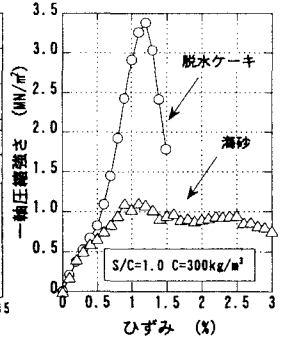


図-4 一軸圧縮試験結果

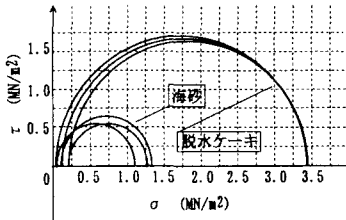


図-5(a) モールの応力円 (水浸)

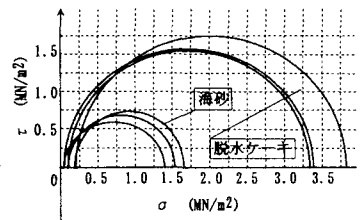


図-5(b) モールの応力円 (湿潤)

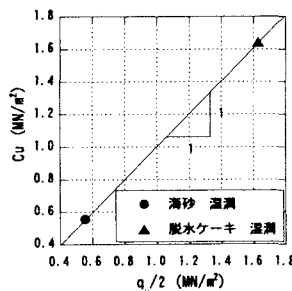


図-6 C_0 と $q_0/2$ の関係

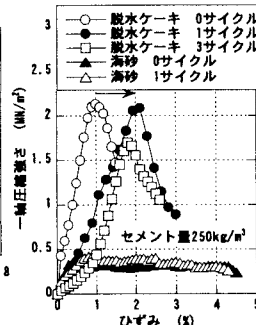


図-7(a) 乾湿繰返しによる一軸圧縮応力の変化

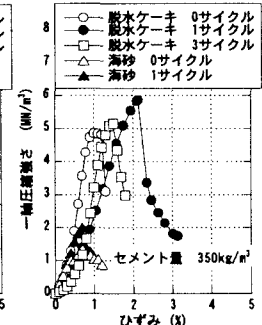


図-7(b) 乾湿繰返しによる一軸圧縮応力の変化

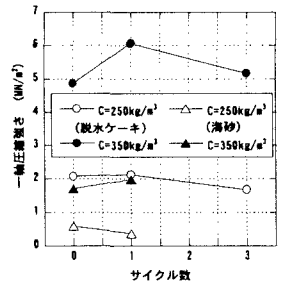


図-8 サイクル数と q_0 の関係

【参考文献】1) 佐藤研一、濱寿紀、井上秀治、田中久士；気泡混合処理を施した建設汚泥の力学特性に関する研究、平成 13 年度土木学会西部支部研究発表会、投稿中、2) 森範行、大石守夫、高橋勇、佐藤常雄ら；気泡混合補強土の特性について-その 5 三軸圧縮特性-、第 28 回土木工学研究発表会、pp2637~2638、1993