

気泡混合処理を施した建設汚泥の基本力学特性に関する研究

福岡大学工学部 正会員 佐藤 研一 学生員○ 濱 寿紀 学生員 藤川 拓朗
 麻生セメント(株) 正会員 井上 秀治 麻生フォームクリート(株) 非会員 田中 久士

1. はじめに

現在、建設汚泥の発生量は年々増加傾向にあるが、その再利用は年間1千万t程度であり、その発生量のうちわずか6%と、他の廃棄物と比べて非常に低い。その原因の一つとして、建設汚泥が法的にリサイクル法上で再生資源と位置付けられる一方で、廃棄物処理法において廃棄物とされるため廃棄物処理法上の制約条件が多いことによると考えられる¹⁾。また、排出される汚泥には高分子凝集剤や増粘剤等が添加されているものが多く、その安全性、環境影響については確認が必要である。そこで本研究は、2種類の建設汚泥の新しい有効利用法を考え、気泡混合処理し、軽量性という付加価値を与えた。これにより、軟弱地盤上の盛土材や裏込め材等の新たな土工材料としての有効利用用途に着目した。本研究では、気泡混合処理した建設汚泥の基本的な力学特性の検討を行ったその結果について述べる。

2. 試料及び実験概要

本実験には、建設現場から発生する土を水洗し、再生砂として利用する際に生じるスラッジ水と、その水を脱水する際に生じる脱水ケーキを用いた。また、これらとの比較材料として海砂の3種類を主材料として用いた。図-1に土質材料別の粒径加積曲線、表-1に物理特性を示す。脱水ケーキ及びスラッジ水は、細粒分含有率が95%程度と非常に微細な土質材料であることがわかる。

気泡混合処理土は、これらの土質材料にセメント、水、及び気泡を混合して作製するもので、気泡はプレフォーム方式で作製したものを用いた。実験に用いた配合表を表-2に示すが、この配合では、土セメント比をS/C=0.6, 1.0の2種類、セメント量をC=250, 300, 350kg/m³の3種類とし、目標フロー値が180±20mmになるようにした。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。ここでスラッジ水に関しては、脱水ケーキとの比較を前提に、目標のフロー値との関係を考慮し、土セメント比S/C=0.6と設定し、セメント量もC=250, 275, 300kg/m³とした。なお、一軸圧縮試験用の供試体は、直径φ5×H10cmとし、材齢は7、28日、養生は、恒温恒湿の空气中養生とした。

3. 実験結果及び考察

図-2は、S/C=0.6、C=300kg/m³、材齢28日における土質材料の違いによる一軸圧縮試験結果を表している。建設汚泥である脱水ケーキ、スラッジ水は、比較材である海砂よりも一軸圧縮強さが大きいことがわかる。また、海砂と比較し、破壊ひずみが1%程度と小さく、剛性が高いことも分かる。また、スラッジ水と脱水ケーキの強度はほぼ等しく、処理土の作成方法から考えると、ス

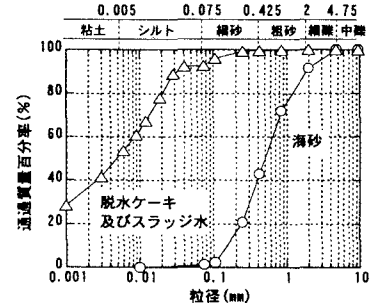


図-1 粒径加積曲線

表-1 土質材料の物理特性

土質材料	土粒子の密度 ρ_s (g/cm ³)	初期含水比 w (%)	均等係数 U _c	曲率係数 U _{c'}
海砂	2.562	2.7	3.82	0.87
脱水ケーキ	2.690	52.3	47.78	0.87
スラッジ水	2.607	255.0	47.78	0.87

表-2 土質材料別の配合表

土質材料	S/C	セメント量 (kg/m ³)	空気量 (%)	セメント (kg/m ³)	土 (kg/m ³)	水 (kg/m ³)	気泡量 (%)	湿潤密度 (g/cm ³)	W/C
海砂	0.6	250	63	250	154	188	667	0.63	0.76
		300	61	300	185	184	643	0.70	0.62
		350	56	350	216	209	589	0.80	0.60
	1.0	250	63	250	257	151	663	0.69	0.60
		300	56	300	308	187	589	0.82	0.62
		350	52	350	359	201	538	0.94	0.57
脱水ケーキ	0.6	250	45	250	228	311	473	0.81	1.24
		300	36	300	274	360	381	0.95	1.20
		350	28	350	320	400	297	1.08	1.14
	1.0	250	29	250	381	395	299	1.04	1.58
		300	17	300	457	458	175	1.22	1.53
		350	4	350	533	535	37	1.42	1.53
スラッジ水	0.6	250	44	250	533	0	478	0.81	0.00
		275	39	275	586	0	426	0.88	0.00
		300	34	300	639	0	374	0.96	0.00

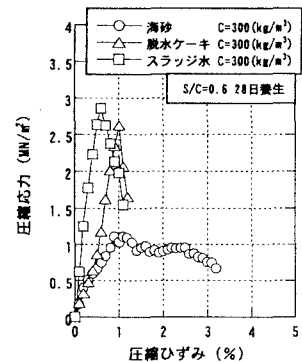


図-2 土質材料別の応力ひずみ曲線

ラッジ水のまま利用の方が練混ぜ時の水の混入が不要であり、簡便であると考えられる。

図-3 に、セメント量 $C=300\text{kg/m}^3$ 、土セメント比 $S/C=0.6$ 及び 1.0 における、土質材料別の一軸圧縮強さと養生日数の関係を示す。土セメント比 S/C に関わらず、養生日数の増加とともに一軸圧縮強さが増加する。また、海砂よりも脱水ケーキ及びスラッジ水の方が一軸圧縮強さが大きく、いずれの土質材料も S/C の増加に伴い強度が上がる傾向を示した。

セメント添加量及び気泡量と養生日数 28 日における一軸圧縮強さの関係を図-4 及び図-5 に示す。これらの図からセメント添加量の増加による一軸圧縮強さの増加と、気泡量の増加による一軸圧縮強さの減少が確認できる。また、各配合のセメント添加量及び気泡量に関しては、表-2 から、セメント量の増加による空気量の減少という傾向が確認できる。従って、一軸圧縮強さは、セメント量と気泡量の調整により広範囲に設定できるものと考えられる。

図-6 に湿潤密度と一軸圧縮強さの

関係を示す。土質材料に関係なく、湿潤密度の増加により一軸圧縮強さは増加している。土質材料別に見ると、海砂の方が湿潤密度は小さい。次に図-7 にセメント空隙比と一軸圧縮強さの関係を示す。ここでも土質材料に関係なく、セメント空隙比の増加により一軸圧縮強さは増加している。土質材料別に見ると、セメント空隙比はほぼ等しくても、建設汚泥を用いた方が海砂よりも気泡混合処理土の一軸圧縮強さは大きい。この結果は、フロー値 $180 \pm 20 \text{ mm}$ を満たすために、水量及び気泡量の違いによるものと考えられる。特に気泡量は、湿潤密度への影響が大きい。水セメント比と一軸圧縮強さの関係を図-8 に示す。これより、建設汚泥は気泡量が少ない分、含水量が多いことがわかる。

4. まとめ

①細粒分の多い建設汚泥は、単位セメント量において強度発現に優れる。②スラッジ水の強度発現性は、脱水ケーキとほぼ等しく、加水なしで気泡混合処理土が製造できる。③土質材料別によるセメント空隙比はほぼ等しくても、一軸圧縮強さは異なる。また、セメント空隙比が同等でも、海砂と比べ、水量増加に比較して空気量が格段に少なくなる建設汚泥の方が一軸圧縮強さは大きい。

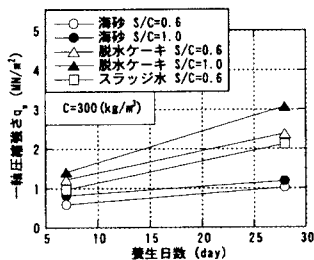


図-3 養生日数と一軸圧縮強さの関係

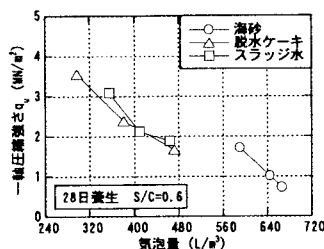


図-5 気泡量と q_{u28} の関係

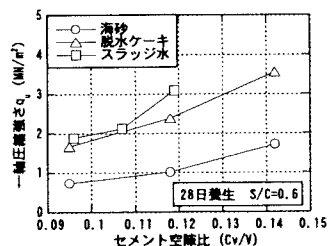


図-7 セメント空隙比と q_{u28} の関係

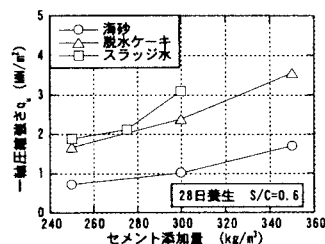


図-4 セメント添加量と q_{u28} の関係

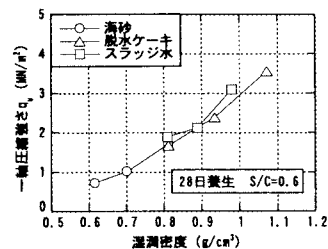


図-6 湿潤密度と q_{u28} の関係

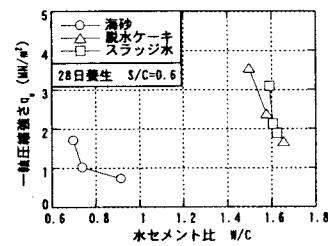


図-8 水セメント比と q_{u28} の関係