

建設省土木研究所 正 員 関 一 雄
同 上 正 員 久 桑 勝 行
同 上 正 員 三 木 博 史
日本下水道事業団 正 員 松 井 清

1. まえがき

下水道整備の進展に伴い下水汚泥の発生量は年々増加の一途にあり、下水汚泥の適正な処理処分の検討が急務となっている。

下水汚泥の発生形態としては、原水を濃縮しただけの生汚泥とこれを消化させた消化汚泥、さらに脱水処理した脱水ケーキ、脱水ケーキを好気性発酵(堆肥化)したコンポスト、同じく脱水ケーキを焼却した焼却灰等があるが、大部分は脱水ケーキとして陸上あるいは海面に埋立処分されているのが現状である。なお、脱水ケーキの中には、セメントや石灰等により安定処理された混合処理ケーキも多く含まれている。

今後、下水汚泥を造成地や盛土などに有効利用していくことを考えると、上記のような各種の下水汚泥の工学的性質を明らかにしておく必要があるが、これまで下水汚泥の工学的性質に関してはほとんど研究があまりなされていない。

そこで著者は、下水汚泥の工学的性質のうち、特に地盤や盛土の泥下・変形と関係の深い圧密特性を明らかにすることを目的として、以下に述べるような荷重段階の載荷時間を4日間とした圧密試験を実施した。その結果、一般の花性土とはかなり異なる下水汚泥の圧密特性が明らかになったので報告する。

2. 実験方法

表-1 実験に用いた試料の性質

実験に用いた試料は、表-1に示す8種類の下水汚泥である。このうち、混合処理ケーキM1とM2は、生脱水ケーキR2に焼却灰を混合して安定処理したもので、生脱水ケーキと焼却灰の重量比をそれぞれ1:1および1:3としたものである。

次に、圧密試験は、試料をペースト状に練り直したものをを用いてJIS A1217に準拠して実施したが、各荷重段階の載荷時間は4日とした。

これは、下水汚泥の透水係数が全般

に極めて小さいため、一次圧密が十分進行して圧密係数C_vの決定がある程度可能となるのに、少なくとも4日程度を要したためである。なお、参考までに各試料の時間-圧密曲線の一例を示すと図-1のとおりである。

3. 実験結果

図-2に、各試料のe-log P曲線を示す。これを見れば、消化脱水ケーキで間隙比が最も大きく、しかもC_c

項目	試料		生(濃縮)脱水ケーキ		消化脱水ケーキ		コンポスト		混合処理ケーキ	
			R1	R2	D1	D2	C1	C2	M1	M2
処理剤	凝集剤		塩化第2鉄 10%	ポリマー 0.4%	ポリマー 1.3%	塩化第2鉄 11%	塩化第2鉄 8%	ポリマー 1%	塩化第2鉄 10%	塩化第2鉄 10%
	脱水助剤		消石灰 22%	消石灰 16%	—	消石灰 34%	消石灰 29%	—	消石灰 22%	消石灰 22%
物理化学的性質	試験時の含水比(%)		253	326	499	520	80	146	147	121
	比 重		1.67	1.51	2.35	2.29	1.90	1.88	2.71	3.03
	粒 度	レキ(%)	0	0	2	0	4	—	0	0
		砂(%)	3	0	20	8	79	—	13	15
		シルト(%)	40	52	27	56	4	—	75	50
		粘土(%)	57	48	51	36	13	—	12	35
	液性限界(%)		404	406	470	412	114	—	164	149
	塑性限界(%)		123	119	52	113	74	—	90	74
	収縮限界(%)		30	31	—	26	33	156	59	73
	塑性指数		281	287	418	299	40	—	74	75
	速心含水当量(%)		—	94	—	79	53	134	—	97
	強熱減量(%)		59	69	55	54	32	51	22	13
	PH値		11.0	12.5	—	12.5	7.3	—	11.0	11.6

注) 処理剤の添加量は、汚泥の乾燥重量に対する百分率で表示してある。

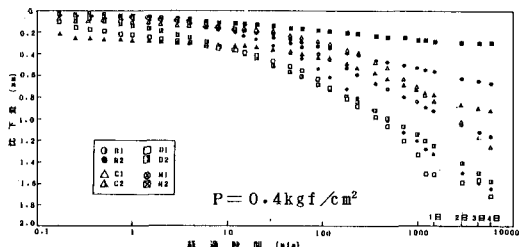


図-1 各試料の時間-圧密曲線の一例

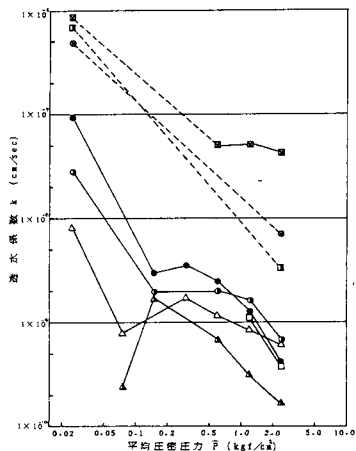
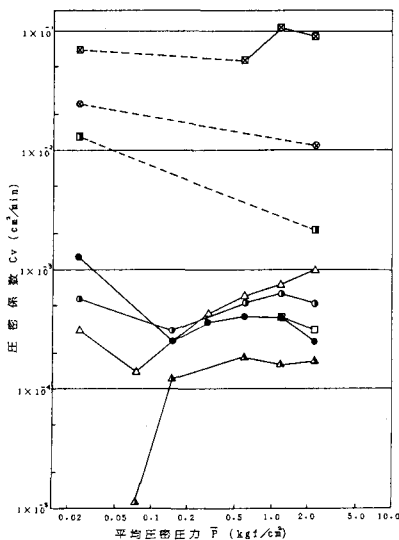
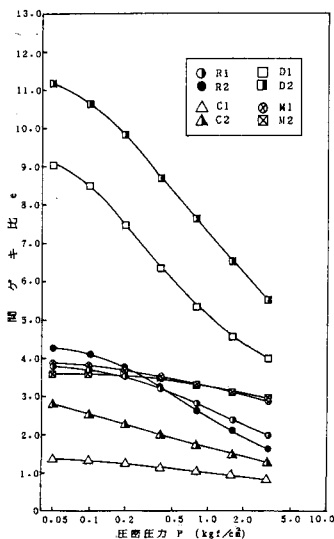


図-2 $e-\log P$ 曲線

図-3 C_c と平均圧密圧力の関係

図-4 透水係数と平均圧密圧力の関係

が3~4に達する非常に大きな値を示しているのに対し、生脱水ケーキ、混合処理ケーキおよびコンポストでは、間隙比と C_c ともにある程度小さな値となっていることがわかる。特にコンポストでは、間隙比が1~3程度、 C_c が0.4~0.9程度とかなり圧縮性が小さくなっている。

次に、下水汚泥の圧縮性を一般の粘性土の場合と比較するために、図-5に、 C_c と液性限界の関係を整理した。なお、図中には、既に提案されている C_c と液性限界の関係式ならびに香港地域の粘性土に関するプロット¹⁾を併記した。これを見ると、消化脱水ケーキと生脱水ケーキのプロットが一般の粘性土における液性限界の範囲をはるかに超える点に位置すること、また、混合処理ケーキやコンポストも含めた全体的な傾向として、一般の粘性土と比

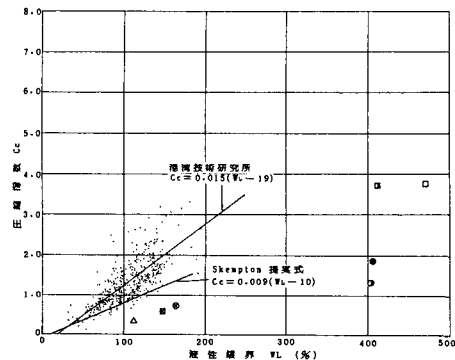


図-5 C_c と液性限界の関係

較すると同じ液性限界の値に対する C_c の値がかなり小さいことがよみとれる。なお、今回得られた下水汚泥の C_c の値が比較的小さい値となっている一因として、特に圧密圧力の大きい段階での載荷時間が4日では短かすぎて圧密が十分に終了していない可能性のあることや、脱水助剤として添加してある石灰の影響により実験中に硬化が進行している可能性のあることなどが考えられるので、今後の検討が必要である。

最後に、各試料の圧密係数 C_u および透水係数と平均圧密圧力の関係を図-3と図-4に示す。図から、下水汚泥の透水性が極めて小さいために、圧密係数 C_u の値が一般の粘性土の値($1 \times 10^{-2} \sim 2 \times 10^{-1} \text{ cm/min}$ 程度)に比べると非常に小さくなっていることがわかる。

4. おわりに

以上、これまであまり手とった研究がなされていない下水汚泥の圧密特性を、各荷重段階の載荷時間を4日間とした圧密試験により調べ、一般の粘性土とかなり異なる下水汚泥の圧密特性の概略を明らかにした。最後に、本研究の実施にあたっては、元日本下水道事業団の矢部正宏氏の御指導を仰ったのでここに謹んで謝意を表する。

<参考文献>

1) 小川松本：香港地域における土の工学的諸係数の相関性，港湾技術研究所報告，17巻3号，1978。