

造粒化处理土の工学的特性に関する研究

福山大学 大学院 学 ○渡邊 賢二
福山大学 工学部 フェロー 冨田 武満

1. はじめに

浄水ケーキは、水道水を作るときに発生するスラッジを凝集・沈殿したものである。近年は水需要の増大に伴って浄水ケーキの発生量は急増傾向にあり、その処理処分に膨大な費用を要することが問題となっている。また、浄水ケーキは発生時の含水比が100~300%と高く、乾燥すると著しく収縮して解砕が困難となる等、非常に取り扱いの難しい土である。

そこで本研究では、浄水ケーキをリサイクル材料として有効利用するために、ハンドリング性能の良い造粒物への変換を目指した。また、その造粒物に様々な処理材を配合した処理土の工学的特性について検討を行った。研究の上で処理効果を比較するために、基準試料として、ローカル試料である尾道シルトを用いた。

2. 用いた試料と実験方法

2.1 対象土の物理化学特性

表-1 に対象土の物理化学特性について示す。対象土の粒度分布特性をみると、両試料ともにシルト分・粘土分を主体として構成されていることがわかる。浄水ケーキの液性限界 w_L は223.5%と高く、尾道シルトの5倍以上である。塑性限界 w_P についてみると、浄水ケーキは118.7%と自然含水比に近い状態にある。浄水ケーキの強熱減量値 L_i は30.9%と高い。

浄水ケーキの化学組成成分値についてみると、アルミナ成分の含有率が30%と高く、これは凝集時の硫酸アルミニウム処理による影響が出ているものと思われる。

2.2 実験方法

(1) 造粒処理

未処理土として、浄水ケーキは排出時のものを用い、尾道シルトは元が粉体なので初期含水比を液性限界付近の40%に調整したものをを用いた。写真-1(a)(b)に未処理土の状態を示す。この未処理土に対して造粒処理を行ったが、造粒処理の方法はそれぞれ異なる。浄水ケーキは、未処理土をそのまま愛工舎製作所の「AM-20 攪拌機」に投入し442rpm/minで60秒攪拌すると、造粒物を得ることができた。尾道シルトの場合は、高分子剤を2.0kg/m³(湿潤添加率で0.1%)添加し、160rpm/minで90秒攪拌すると、造粒物を得ることができる。これらの造粒物を「造粒化原土」(処理材を添加していない状態)と呼び、写真-2(a)(b)に示す。

造粒化原土の粒度については、両試料ともにシルト

分以下が0%となり、浄水ケーキの場合、砂分が73.2%、礫分が26.8%となった。一方、尾道シルトの場合は、砂分が5.9%、礫分が94.1%となり、尾道シルトの方が団粒化の程度が著しいものとなった。

(2) 処理材の配合条件と実験概要

浄水ケーキは有機物含有量が非常に高く、強度発現を阻害する要因となると予測されたため、焼石膏(G)、高炉セメントB種(SCB)及び微粉末スラグ(微S)を用いて処理効果を比較した(表-2、表-3参照)。処理材添加による攪拌条件は、160rpm/minで60秒とした。供試体は5×d10cmモールドに3層突固めとし、 $E_c=550\text{kJ/m}^3$ とした。供試体は密封(温度20℃、湿度90%)し、所定期間養生後に一軸圧縮試験、pH試験を行った。

表-1 対象土の物理化学特性

	浄水ケーキ	尾道シルト
砂分(%)	0	1.6
シルト分(%)	58.0	66.4
粘土分(%)	42.0	32.0
w_L (%)	223.5	41.9
w_P (%)	118.7	16.6
I_p	104.8	25.3
w_s (g/cm ³)	2.382	2.638
L_i (%)	30.9	3.0
pH	6.53	5.71
w_n (%)	130 ± 5.0	1.4
化学組成成分 (mass%)		
SiO ₂	56	79
Al ₂ O ₃	30	13
K ₂ O	1.9	3.7
Fe ₂ O ₃	6.6	2.1
Na ₂ O	1.3	0.87
CaO	1.4	0.23
MgO	1.3	0.19



写真-1 未処理土



写真-2 造粒化原土

表-2 処理材の種類と配合条件

A	G単味処理
B	SCB単味処理
C	微S単味処理
D1	G90%:SCB10%処理
D2	G80%:SCB20%処理
D3	G75%:SCB25%処理
E1	微S90%:SCB10%処理
E2	微S80%:SCB20%処理
E3	微S75%:SCB25%処理

表-3 処理材の添加量(kg/m³)

W_w/W_m	浄水ケーキ	尾道シルト
7.56	100	68
5.04	150	102
3.78	200	136

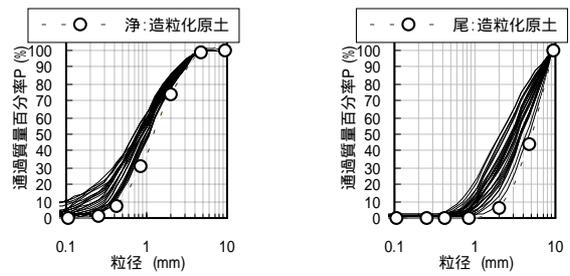
キーワード: 浄水ケーキ, リサイクル材料, 造粒処理, 粒度特性, 強度特性

連絡先: 〒729-0292 広島県福山市学園町1番地3蔵 TEL084-936-2111 FAX084-936-2213

3. 実験結果と考察

3.1 造粒化処理土の粒度特性

図 - 1(a)(b)に処理材を添加した造粒化処理土の粒径加積曲線を示す。両試料ともに処理材を添加したことによって、造粒化原土の状態から細粒化していることがわかる。浄水ケーキは粗砂分以上の割合が減少し、中砂分の割合が増加している。一方、尾道シルトは中礫分の割合が減少し、それ以下の割合が増加している。また、処理材の添加量の増大に伴って細粒化する傾向にあるが、特に複合処理(D, E)においてその影響が顕著であった。



(a) 浄水ケーキ (b) 尾道シルト

図 - 1 造粒化処理土の粒径加積曲線

○:Ww/W_M=7.56, ●:Ww/W_M=5.04, ▲:Ww/W_M=3.78

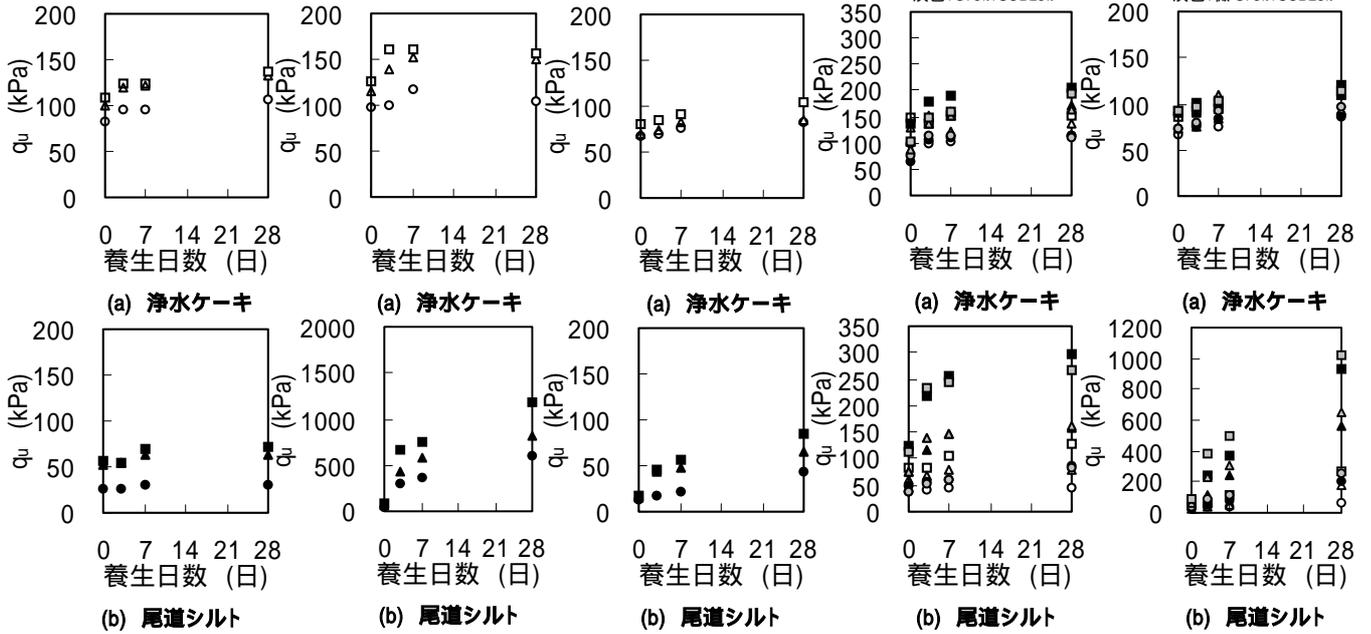


図 - 2 G 処理

図 - 3 SCB 処理

図 - 4 微 S 処理

図 - 5 G:SCB 処理

図 - 6 微 S:SCB 処理

図 - 2 ~ 図 - 6(a)(b)に処理土の養生日数と一軸圧縮強さの関係を示す。G 処理についてみると、両試料ともに強度発現性は認められない。また、浄水ケーキの方が処理強度は高く、盛土材料としての要求強度(q_u 100kPa)を満足している。SCB 処理についてみると、浄水ケーキに強度発現性は認められないが、尾道シルトは良好な発現性を示している。微 S 処理についてみると、両試料ともに著しい強度発現はみられない。

複合処理については、G : SCB 処理の場合、著しい強度発現は示さないものの、上記の単味処理と比較すると、SCB の配合割合が多く、且つ添加量の多いものほど高強度を示している。微 S : SCB 処理についてみると、浄水ケーキは強度発現性が得られていないが、尾道シルトは今回の処理の中で最も著しい強度発現を示した。これらの結果を pH 値の特性と照らし合わせると、浄水ケーキは SCB 処理のみ弱アルカリ性($9.79 < \text{pH} < 10.76$)を示したが、その他の試料は $6.47 < \text{pH} < 9.20$ となっており、ポゾラン物質を添加しているのにも関わらず、pH があまり上昇していなかった。一方、尾道シルトの強度発現を示した試料の pH は、 $11.31 \sim 12.21$ と強アルカリ性を示していた。この pH の特性と対象土の強熱減量値から判断して、浄水ケー

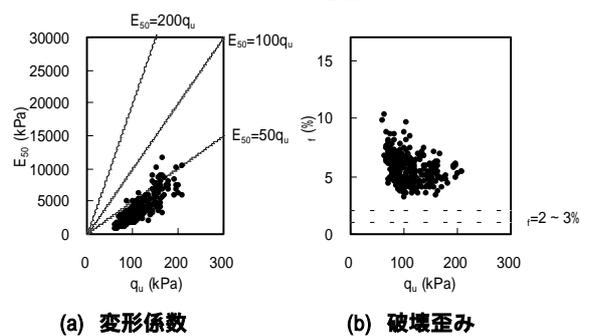


図 - 7 浄水ケーキ:造粒化処理土の変形係数と破壊歪み

キの強度発現性が得られなかった原因は、有機物の影響と pH の緩衝性にあると考えられる。また、強度特性に関連して処理土の変形係数(図 - 7a)は、浄水ケーキの場合、 $E_{50} = 50q_u$ の関係がみられ、破壊歪み(図 - 7b)は 3 ~ 8% となっており、一般土に近い性質を持っていることが認められた。

4. おわりに

浄水ケーキは、排出時の含水比が塑性限界に近いと簡単な物理的措置によって造粒化できることが明らかとなった。また、ある程度の強度発現性を得るには焼石膏と高炉セメント B 種の複合処理が有効である。