

造粒処理を施した浄水ケーキ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 富田 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、まず、浄水ケーキの造粒化に着目して検討を行ったところ、容易に造粒物を得ることに成功した。こ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。また、処理効果を比較するための試料として、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。強熱減量値 L_i は、浄水ケーキが30.9%、尾道シルトは3.0%であった。pH値から、両試料は弱酸性の試料であることが認められた。

対象土の化学組成成分値についてみると、両試料ともにシリカ・アルミナを主成分として構成されている。特に、浄水ケーキのアルミナ分の含有率は30%と高く、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。

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
ρ_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

2.2 実験方法

(1) 造粒処理

「未処理土」の定義として、浄水ケーキは発生時そのものを指し、尾道シルトは粉体なので初期含水比を液性限界付近の40%に調整したものを指す。写真-1(a)(b)に未処理土の状態を示す。

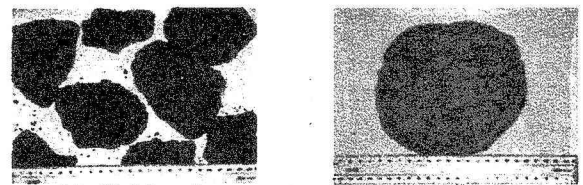


写真-1 未処理土

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。浄水ケーキは排出時の含水比が塑性限界値に近かったため、そのまま愛工舎製作所の「AM-20 攪拌機」に投入して最高速設定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。高分子剤の添加量は、過去の研究結果を参考にして決定したが、コーン指数が最大値を示した($q_c=275\text{kPa}$)最適高分子剤量である。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)と呼ぶことにする。写真-2(a)(b)に造粒化原土を示す。

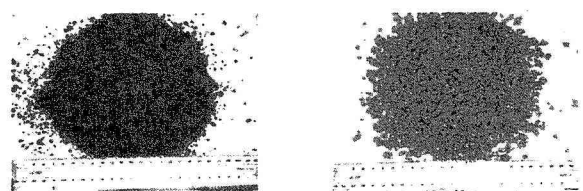


写真-2 造粒化原土

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。処理材の配合条件を表-2

に示す。なお、処理材添加量は水処理材比(W_w/W_M)を一定として $W_w/W_M=7.56, 5.04, 3.78$ の3条件(表-3 参照)とした。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 $\phi 5 \times d10$ cm モールドに3層突固めとし、 $E_c=550\text{kJ/m}^3$ とした。

供試体は密封して養生(温度 20°C 、湿度 90%)し、初日、3日、7日、28日後に一軸圧縮試験、pH 試験を行った。

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/m^3)

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

3. 実験結果と考察

図-1～図-5(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($q_u \geq 100\text{kPa}$)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 E_{50} は、浄水ケーキの場合、 $E_{50} \leq 50q_u$ の関係がみられ、破壊歪みは $3 \sim 8\%$ 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。

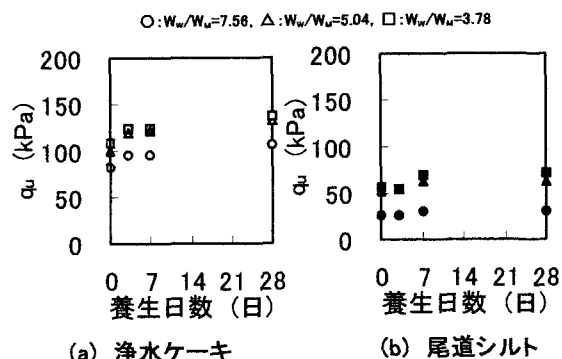


図-1 G 処理

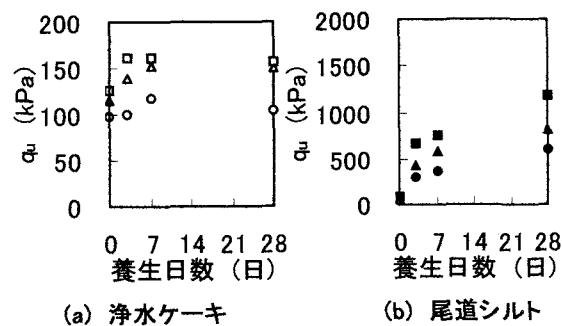


図-2 SCB 処理

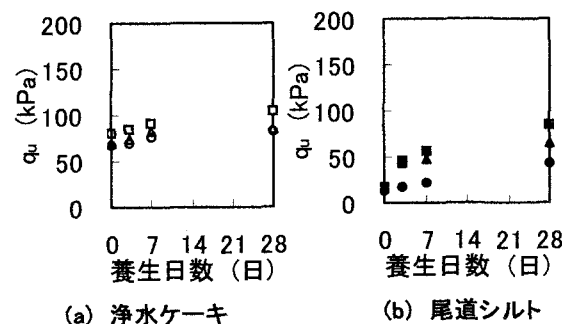


図-3 微 S 処理

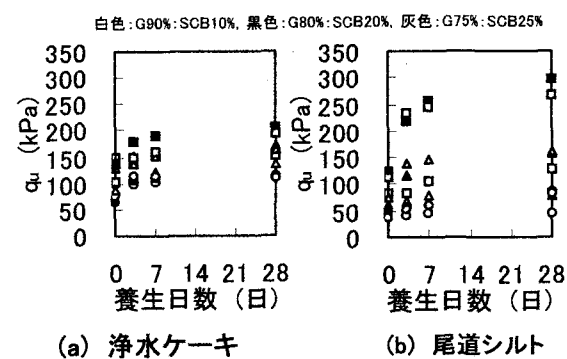


図-4 G:SCB 処理

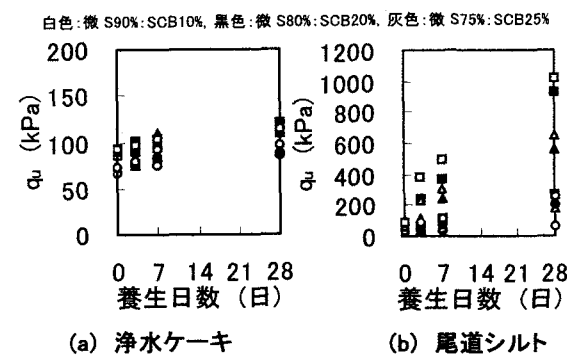


図-5 微 S:SCB 処理