

VII-116 砕石砂生産過程で生じる汚泥の砂質土化の開発

（株）森組 正会員 ○ 森田 純司
 （株）森組 内田 尚宏
 （株）森組 井上 誠

1. はじめに

都市近郊の砕石工場では原石（資源）の枯渇が問題となってきた一方で、環境問題などにより海砂・川砂の採取規制が厳しくなっており、砕石砂の需要は増加する傾向にある。湿式の砕石砂は生産時に微粉を除去するために洗浄作業が行われており、大量の汚泥水が発生する。これらは遠心分離機や加圧ろ過機等により機械脱水をした後処分されてきたが、近年環境問題が大きくクローズアップされ再利用・有効利用の促進が強く求められてきており、さらに処分場も減少していることから、筆者らは汚泥の砂質土化の開発を行い有効利用を図ってきた。本報は汚泥の砂質土化のシステムの概要とその品質に関する研究成果を取りまとめたものである。

2. 汚泥の物性

砕石洗浄により発生した汚泥水は、トロンメルにより異物の除去を行った後、シックナーでPAC及び高分子凝集剤を添加して含水比200～250%の濃縮汚泥水にする。濃縮汚泥水は高圧スラリーポンプにより加圧ろ過機（フィルタープレス）に圧入し、圧力約600 kN/m²、約60分で脱水処理して含水比25%前後のケーキ状にする。図-1は汚泥ケーキの工学的分類を示したもので、CHに分類される。

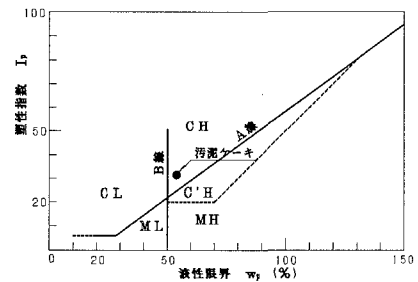


図-1 塑性図上の汚泥ケーキの位置

3. 汚泥ケーキの砂質土化フロー

図-2に砕石汚泥の砂質土化処理フローを示す。汚泥水はケーキ状に脱水した後、写真-1に示す砂質土化装置を通して再利用を図る。汚泥ケーキは前処理として、ベルトフィーダー・解砕機により投入量の管理を行うと同時に、均一に混合攪拌ができるように30cm角程度の小塊に分割処理を行う。次に二軸の攪拌翼をもつニーダルーダで、セメントサイロから定量供給さ

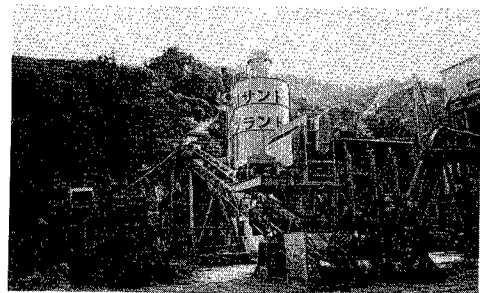


写真-1 砂質土化装置

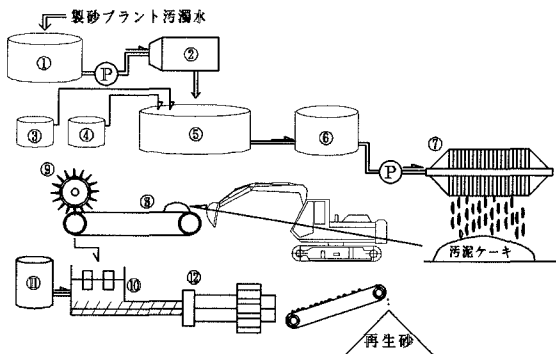


図-2 砂質土化製造装置フロー

番号	機械名	用途
①	汚濁水ピット	汚濁水中継池
②	トロンメル	異物除去機
③	PAC液タンク	フロック形成薬品
④	高分子液タンク	フロック形成薬品
⑤	シックナー	汚泥沈澱槽
⑥	スラリータンク	濃縮汚泥槽
⑦	フィルタープレス	汚泥脱水機
⑧	ベルトフィーダー	ケーキ供給機
⑨	解砕機	ケーキ解砕機
⑩	ニーダルーダ	セメント混合機
⑪	セメントサイロ	セメントビン
⑫	トロンメル	粒形成型選別機

れる固化材と混合攪拌・押出し処理を行った後、トロンメルにより回転しつつ粒形成形を行い、メッシュにより8mmアンダーをふるい分けする。メッシュオーバーした改良砂はフィードバックさせ、ニーダルーダに再度投入して調整する。固化材としては現在セメントを採用しており、汚泥との重量比で10%～15%を投入している。

4. 再生砂の物理的性質

再生砂を道路や造成工事に用いる埋戻し材や盛土材としての利用を図るため物理試験・安定化試験により確認を行った。

①：再生砂の物理試験結果 表-1に再生砂の土質試験結果一覧を示す。図-3はその結果を三角座標分類したもので、再生砂は“砂（S）”に分類される。また液性限界・塑性限界試験では、再生砂が低塑性であるためNPであった。

②：安定化試験 安定化試験として土の締固め試験、CBR試験を行った結果を表-2に示す。表中の管理値には下層路盤に用いる材料の規定を参考にした。最大乾燥密度は一般の盛土材に比べてかなり小さい値であり、最適含水比は高い値を示した。しかし修正CBRは50%を越え、一般に下層路盤の管理値とされている20～30%を上回っていること、更に塑性指数は①の試験結果より0と判断でき、管理値の6以下を満足していることから、再生砂は下層路盤に用いる材料として有効であることを確認できた。

③：pH試験 再生砂のpH値を水浸試験により調べた。固化材の配合率により変化はあるものの、9～11という値を示し、標準的なセメント処理土のpH値とほぼ同じ値となった。

④：植生試験 再生砂が植生に適するか、真砂土と再生砂で芝の生育状況を確認した。真砂土の方は順調に成長したのに対し、再生砂では根のはりが悪く生育は芳しくなかった。これは再生砂のアルカリ性が高いことと、散水によりかなり締まった地盤となることが原因と推定された。

⑤：試験盛土 試験盛土は再生砂を巻出し厚30cmで敷均し、ランマー(68kg)による3、5、7回転圧時の沈下量及び密度の測定を行い盛土材としての適用性を調査した。図-4に試験の結果による転圧回数と沈下量・締固め度の関係を示す。90%締固め度の場合、6回転圧が必要であった。

5. おわりに

石灰・セメント等の適切な固化材を数%から15%均質に混練することで、汚泥の砂質土化が図れることが確認された。これらはCBR試験や締固め試験により埋め戻し材としての機能は十分に満たしており、再利用は十分可能であると考えられる。今後は脱水後の汚泥ケーキの含水比と必要な固化材の添加量の関係、スクリーニング等の混入による固化材の添加量の変化について調査を行い、生産工程の短縮や低廉化の検討を行っていく予定である。

表-1 再生砂土質試験結果一覧表

試験項目	試験結果
土粒子密度	2.793 g/cm ³
含水比	18.5 %
礫分 2～75mm	33.0 %
砂分 75μm～2mm	63.0 %
シルト・粘土分 75μm未満	4.0 %
均等係数	3.780
曲率係数	1.080
最大粒径	9.5 mm
コンシステンシー特性 液性限界	NP
塑性限界	NP

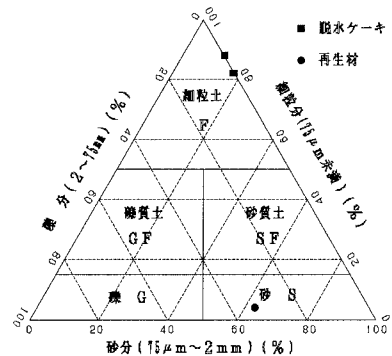


図-3 再生砂の三角座標分類

表-2 安定化試験結果

試験項目	試験結果	管理値
最大乾燥密度	1.396 g/cm ³	
最適含水比	29.1 %	
修正CBR	51.4 %	20%以上
膨張量	0.98 %	
塑性指数	0	6以下

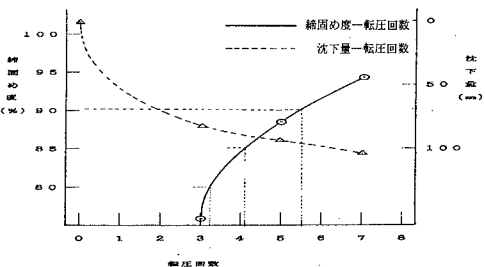


図-4 試験盛土による転圧結果