

7. 掘削残土改良のための固化処理装置の開発

(株)熊谷組 島 津 久 陽・北 原 陽 一
*木 全 一 雄

1 まえがき

軟弱地盤の開削工事、土工系シールドやブラインドシールドなどのシールド工事から排出される泥土化した掘削残土は、いわゆる「産業廃棄物処理法」による法的規制を受ける場合、その処分地が限定される。さらに、泥土化した掘削残土の運搬には特殊なダンプトラックが必要なうえ、処分地への運搬距離が近年ますます長くなり、運搬コストなどの高騰を招いている。

このような現状から、掘削残土改良に関する研究に着手し、基礎実験・模型実験を終って、今回泥土化した掘削残土に固化材を少量添加混合することにより、現場内で短時間に連続固化処理し、一般残土と同様ダンプトラックで山積み搬送を可能にする固化処理装置（処理量2.5m³/H）を開発した。

本報文では、固化処理装置の紹介とともに、固化処理土の超短時間養生における固化強度について報告する。

2 固化処理装置

2-1 装置の概要

本装置は、任意の添加率が設定でき、土砂供給量に変化しても常に設定された固化材添加率を維持させ、所定の固化強度を確保する連続固化処理装置である。写真-1に本装置の全景、図-1に



写真-1 装置全景

固化システムフロー図を示す。

まず、排出された土砂はクッションタンクに受けられ、同タンクのレベル検知により2軸のスクリーフィーダの回転数を制御して、ミキサーへの送り量を調節する。このスクリーフィーダにより定量供給された土砂は、プロミキサーに送られる。同時に固化材は土砂供給量に見合った添

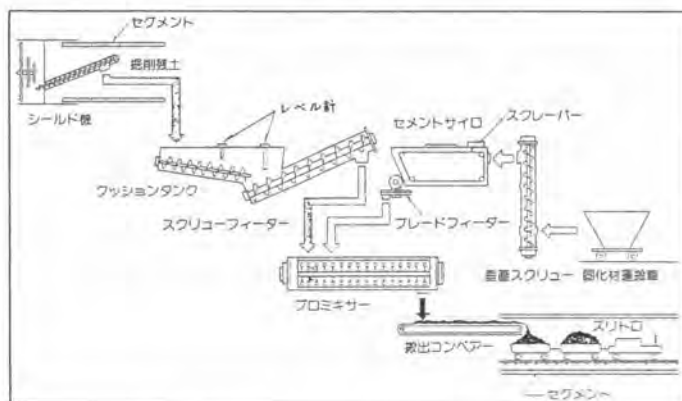


図-1 固化システムフロー図

加量をブレードフィーダによりプロミキサーへ定量供給され、土砂とミキシングされて即時に所要強度に固化し、排出するものである。

2-2 機能構成

①クッションタンク 排出土砂を一時貯留する桶状をしたタンクで、送り込みスクリーを装備し

スクリーフィーダへ土砂を供給する。また、2個のレベル計により土砂の供給量に応じて、スクリーフィーダの回転数を制御する。

- ②スクリーフィーダ 可変速の2軸スクリーにより土砂をプロミキサーに連続定量供給する。スクリーの土砂の付着を清掃するスクリークリーナを装備する。
- ③プロミキサー 土砂と固化材を連続的に混合攪拌し排出する。適切な割合で配置された送りと戻りの羽根によって均一に混合攪拌する。
- ④セメントサイロ 貯留量を多くできるよう矩形断面とし、サイロ内レベルを均一にするスクレーバとブレードフィーダへ固化材を供給する送りスクリーを装備する。
- ⑤垂直スクリー 固化材をセメントサイロへ供給する。
- ⑥ブレードフィーダ セメントサイロの下端に位置し、固化材をプロミキサーへ連続定量供給する。固化材排出量は、回転数を連続的に変化させることで3～50 kg f/cmの範囲で設定できる。
- ⑦制御盤 スクリーフィーダとブレードフィーダの回転制御を行い、設定添加率を一定に保つ。各単体機器の順序起動および安全保護機構を備える。

2-3 フィーダの定量供給性能

図-2～3にスクリーフィーダ(SF)とブレードフィーダ(BF)の排出量と回転数を示す。両フィーダとも相関係数(r)が大きく、良好な直線関係がある。これらの関係から固化材添加率のバラツキは、25 ml/H 処理時で±0.25% (信頼率95%)程度である。したがって、固化材設定最小単位は、0.5%として設定できる。

2-4 装置の特徴

- ① 泥土化した土砂を即時に連続固化処理する。
- ② 連続処理のため処理能力が大きい。
- ③ 装置がコンパクトで設置スペースが少なくすむ。
- ④ 良好な定量供給と確実な混合攪拌により、均一な固化強度が得られる。
- ⑤ 所定の固化材添加率が土砂供給量に追従(自動化)し、固化材添加率が任意に設定できるため、改良土の強度調節ができる。(改良土の利用が可能)
- ⑥ ワンマンコントロールの省力化タイプである。
- ⑦ 低騒音・低振動である。

3 対象土砂

掘削残土の性状は、その粒度、含水比、コンステンシー、鋭敏比ならびに粘土鉱物の相違によって様々である。土砂の物理的性質を表現する特性値は多くあるが、本装置の対象土砂は、最大粒

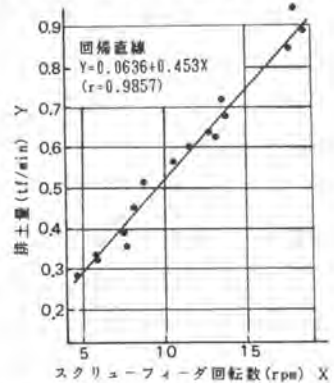


図-2 SF回転数と排土量

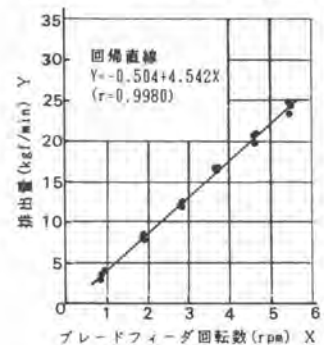


図-3 BF回転数と排出量

表-1 対象土砂範囲

対象土砂範囲	範囲設定根拠
最大粒径 (mm)	20 以下 装置の機械的条件
液性指数 (IL)	1.2～3.0 必要所要強度の確保 装置の機械的条件

径と液性指数によって表わす。対象土砂は、表-1に示すように、機械的条件と必要所要強度の確保から決定した。

4 固化強度

4-1 必要所要強度

一般残土として運搬・処分できる明確な基準は示されておらず、一部企業体の指導では含水率30%以下、もしくは一軸圧縮強度 0.3 kgf/cm^2 以上などの表現もあるが、含水率による判定では、たとえ同含水率でも土の粒度構成、コンシステンシー等によって大きな違いがある。したがって、実状としては、ダンプトラックで山積み運搬可能な状態の一軸圧縮強度が必要所要強度の目安と考えられる。

一般ダンプトラックの山積み可能強度は、基礎実験や現場実験から一軸圧縮強度が、 $0.15 \sim 0.2 \text{ kgf/cm}^2$ 程度である。また、固化処理土を再利用する場合を除き、捨土するために固化処理を行う場合は、経済性から極力低強度で良く、かえって強度が出すぎるとダンプができない等不都合が生じることも考えられる。したがって捨土の固化強度としては30~60分程度で $0.15 \sim 0.3 \text{ kgf/cm}^2$ の強度が発現し、1日強度でも $3 \sim 4 \text{ kgf/cm}^2$ を越えないものを目標強度とする。

4-2 固化強度と養生時間および固化材添加率

実機による某現場発生土AとBの一軸圧縮強度と養生時間の関係を図-4に示す。また、それらの物性を表-2に示す。固化強度は土砂の性状によって当然異なるが、固化材添加率が1~3%という低い添加率でも超短時間で一軸圧縮強度が養生時間とともに大きくなる。1%添加率では一軸圧縮強度の伸びが低いが、添加率が多くなるとともに一軸圧縮強度の伸びは大きくなる。これらの発生土では、固化材添加率1~2%程度で必要所要強度を満足する。

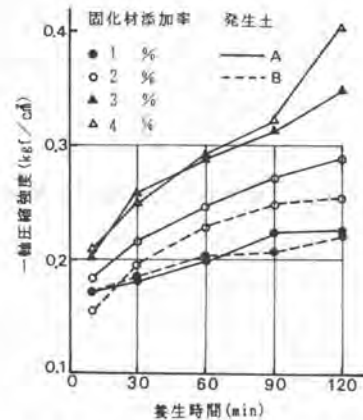


図-4 一軸圧縮強度と養生時間

表-2 発生土の物性

特性		発生土	A	B
粒度	礫分 %		0	1.7
	砂分 %		8.2	34.7
	シルト分 %		65.1	44.5
	粘土分 %		26.7	19.0
	均等係数 U_c		-	33.2
曲率係数 U_c			-	1.41
コンシステンシー特性	液性限界 W_L %		51.7	54.6
	塑性限界 W_p %		28.9	35.9
	塑性指数 I_p		22.8	18.7
	液性指数 I_L		1.41-1.50	1.93-2.04
含水比 %		61~63	72~74	
土粒子比重 G_s		2.692	2.635	

注) コンシステンシー特性はフェールコーン試験により求めたものである。

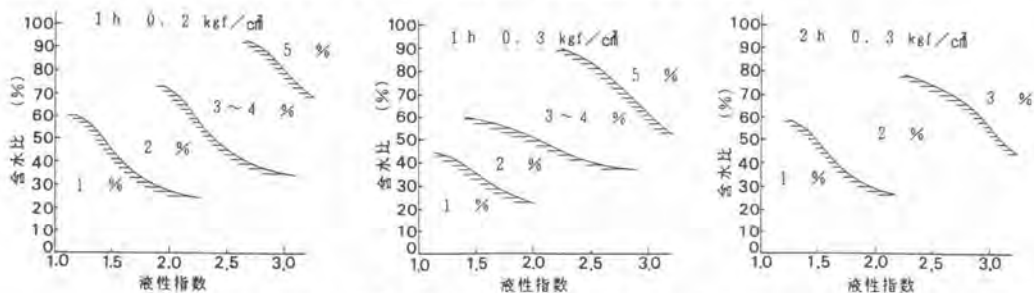


図-5 所要強度を満たす固化材添加率の範囲

礫をほとんど含まない砂質土および粘性土において、含水比と液性指数から養生時間1～2時間の一軸圧縮強度0.2～0.3 kg f/cm²を満足する固化材添加率の各実験から求めた範囲を図-5に示す。これにより、施工前の土質調査等から含水比と液性指数がわかれば固化材添加率の予測が可能である。

5 固化処理土の水素イオン濃度 (pH)

固化処理土を捨場に処分した場合、降雨、地下水等の水との接触により、セメント中のアルカリ成分の流出が想定される。浸せき試験を行った結果を図-6に示す。寸法がφ5 cm×10 cmの供試体を24時間空中養生した後、2本の供試体を4ℓの水を満したプラスチック製の容器に24時間浸せきして、その水のpHを測定してから新し

い水と取替え、再び24時間浸せきして水のpHを測定するという作業をくり返し行った。

測定結果から浸せき回数が8回程度で排出基準 (pH: 5.8～8.6) 以内となる。pHは炭酸ガス等によっても中和されるので環境問題が継続することはないと考えられるが、pHについては十分管理し異常のないことのチェックは必要である。

6 おわりに

従来、泥土化された残土は、①コンテナ・ベッセル等により高価な運搬費と処分費をかけて処理する。②天日乾燥あるいはユンボ等を利用した場内固化処理などが行われている。

本装置は、泥土を均一な固化土に即時処理することにより、用地の少ない場所でも固化処理が可能で、しかもユンボ等の騒音にも悩まされることがない。また、固化処理費は必要となるが、一般残土と同様な運搬・処分費となるため、経済性においても十分採算が取れるものと考えられる。さらに泥土化土砂の場内運搬による汚濁が防止できるというメリットもあり、プラスαの効果も期待される。

また、大都市における建設廃棄物対策がハード、ソフトを含め総合的に鋭意検討されており、泥土を再資源化しようとする研究も活発に行われるようになってきている。本装置も定量供給性の精度向上を計っており、泥土の再資源化を意図したものであり、将来的な建設廃棄物の減量化に寄与しようとするものである。

最後に、今後の課題として、礫混りの土砂をも処理できるよう対象土砂範囲の広い装置の開発が急務である。

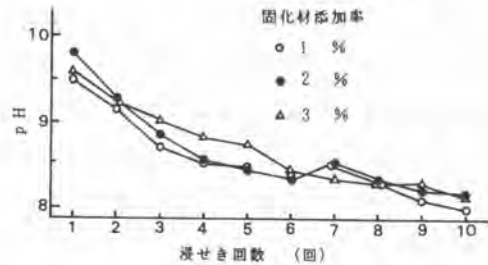


図-6 浸せき試験結果