

15. 連続固結処理プラントによる廃棄泥水の埋戻し工法

間 組 加 藤 太 重
新 名 順 一

1. まえがき

泥水を使った掘削工事に伴って発生する廃棄泥水は、一般に産業廃棄物として取扱われており、勝手には投棄できず、認可された捨場までバキュームカーやコンテナ車にて運搬処理しなければならない。しかし、環境保全の面から、特に市街地では、捨場の確保が困難になってきている。そのため、バキュームカーやコンテナ車による直接投棄方法に代るものとして、廃棄泥水に薬品（凝集剤）を加え、機械的な方法で清澄水と脱水ケーキに分離する方法や廃棄泥水に固結材を加え、固結処理する方法などが用いられるようになってきたが、これらの処理工法を実施するさいにも、現場条件、廃棄泥水の発生量・性状、処理コストなどの多くの問題が残されているのが現状である。

以上のような処理工法はいずれも廃棄泥水を工事現場から搬出処理するものであるが、環境保全、建設工事費のコストダウンの見地から考えると、廃棄泥水の有効利用が望まれる。当社では、廃棄泥水を固結処理し、良質の埋戻し材などとして有効利用することにより、固結処理工法に大きな付加価値を与え、相対的に処理コストを安くし、従来処理工法の問題を解決する工法を開発した。（リサイクルリングソイル工法という）

本文は、リサイクルリングソイル工法による埋戻し工法の基本システムとそのため連続固結処理プラントについて、実施例にもとづきまとめたものである。

2. リサイクルリングソイル

リサイクルリングソイルとは廃棄泥水または廃棄泥水と掘削土砂の混合物（以下、高含水比泥土という）に固結材を添加・混合した流動性の充填材料で、充填後は固結する。掘削土砂を混合する目的は2つある。その1つは、廃棄泥水単体を固化するより掘削土砂を混合し、単位体積重量を大きくしたほうが固結材の添加量が少なく経済的になることと、埋戻しのさいの置換性が良くなるためである。他の1つは、泥水工法による掘削土砂は一般に高含水比で取扱いにくく、コンテナ車で運搬処理しなければならないため、掘削土砂も廃棄泥水と一緒に処理することを考えた。

3. 固結処理土の強度特性

高含水比泥土を固結処理し、処理目的に応じた強度（一軸圧縮強度、 q_u ）を得るためには、高含水比泥土の性状、固結材の種類・添加量と経済性について検討する必要がある。

固結材としては、一般にセメントが主体で、高含水比泥土の性状、処理目的に応じて添加剤が加えられる。例えば、数時間～1日程度で $q_u = 0.5 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$ とする場合には、固結材としてセメントに水ガラスを加えたもの、排脱セッコウ、その他のものがある。材令3日以上で $q_u = 0.5 \sim 2 \text{ kg/cm}^2$ とする場合には、セメント系固結材単体で一般には目的が達せられる。

ここでは、固結材にセメント系B材を使用した場合の固結処理土の強度と高含水比泥土の性状(特に、単位体積重量, γ_t), 固結材の添加量および材令などの関係について以下に示す。

3.1 高含水比泥土の性状と強度

γ_t と q_{u28} の関係を図-1に示す。

仮りに目標強度 $q_{u28} = 1 \text{ kg/cm}^2$ とした場合, $\gamma_t = 1.1 \sim 1.2 \text{ g/cm}^3$ では固結材の添加量(以下, Cという)が110~150 kg/m^3 であるのに対し, $\gamma_t = 1.3 \sim 1.5 \text{ g/cm}^3$ では固結材の添加量 $C = 50 \sim 80 \text{ kg/m}^3$ となり, Cを1/2程度にできる。したがって, 廃棄泥水を直接固結処理するより掘削土砂を混合して処理したほうが経済的になる。

3.2 材令と強度

A現場の高含水比泥土について, $\gamma_t = 1.39 \text{ g/cm}^3$ で, $C = 40 \sim 100 \text{ kg/m}^3$ の場合に材令と q_u の関係を図-2に示す。

γ_t が1.4程度で, Cが40~60 kg/m^3 程度では材令による q_u の増加はあまり期待できない。図-2を用いれば, 任意の材令における固結処理土の q_u が推定でき, 掘削, 運搬などの施工時期の目安を得ることができる。

3.3 固結材の添加量と強度

図-2を基に, Cと q_u の関係を図-3に示す。

$\gamma_t = 1.39 \text{ g/cm}^3$ の高含水比泥土をセメント系B材で固結処理した場合, 材令1日程度では, Cによる q_u の差はみられない。また, $C = 50 \text{ kg/m}^3$ 以下では材令5日以降の q_u の増加はほとんど期待できない。

4. 固結処理土による埋戻し工法の実施例

泥水を使った掘削工事に伴って発生する廃棄泥水を盛土材や埋戻し材として利用するためには, 目的に合った諸条件を満足し, かつ経済的でなければならない。

廃棄泥水は一般に, 単位体積重量が1.1~1.3 g/cm^3 で, 多量の水分子とシルト・粘土分とからなる。そのため, 廃棄泥水を固結処理する場合, 多量の固結材が必要となる。しかし, 掘削土砂を廃棄泥水に加えることによってCを少なくでき, 経済的となり, また, 環境保全の面からも望ましいこととなる。

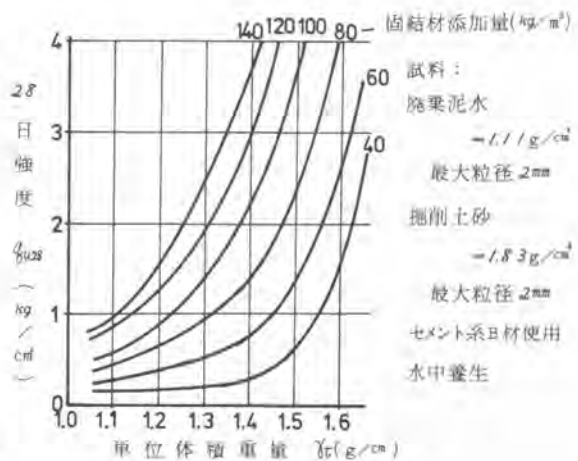


図-1 γ_t と q_{u28} の関係

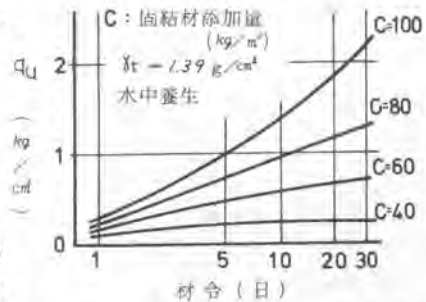


図-2 材令と q_u の関係

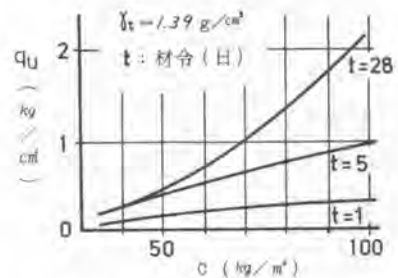


図-3 Cと q_u の関係

ここでは、都内のA現場(逆打ち工法により大規模な地下構造物を建設)において、廃棄泥水を埋戻し材として利用した実施例を示す。

4.1 構真柱固着工法

リバース工法によって掘削した孔内に構真柱を建込み、逆打ち工法で地下構造物を構築するさい、構真柱の周囲の埋戻しは、従来、碎石、山砂、特に強度を必要とするところ(

例えば、連続地中壁に隣接する箇所)には貧配合モルタルなどの材料が使用されてきた。しかし、これらの材料で埋戻した場合、建込み孔内の安定液の劣化、構真柱の曲がり、埋戻し部の掘削施工の困難さおよび廃棄泥水の処分という環境保全上の問題があった。本現場では、この埋戻し材料として、リバース掘削による廃棄泥水と掘削土砂の混合物にセメント系B材を添加・混合したりサイクリングソイルを使用した。(構真柱固着工法という)

図-4に構真柱固着工法の基本フローシートを示す。

本工法による施工の結果、上記の従来の埋戻し工法の諸問題をすべて解決した。

4.2 連続固結処理プラント

本現場で構真柱固着工法を実施するため、連続固結処理プラントを開発し、使用した。

ここで用いられた連続固結処理プラント、HRS-30型プラントは廃棄泥水と掘削土砂に適切な固結材を添加・混合し、練り上ったりサイクリングソイルを圧送、打設するための設備で、処理能力30t/hとして製作されたものである。その基本システムは図-4に示した。

プラントの全景を写真-1に示す。

プラントの仕様を表-1に示す。

本プラントでは、廃棄泥水、掘削土砂および固結材(粉末)をペースト状にしたものの計量・混合・圧送が連続的にできるよう自動システム化されている。計量および混合はバッチ式で、0.5m³/バッチであり、標準運転で1分/バッチである。計量方法は重量計量で、その計量範囲は

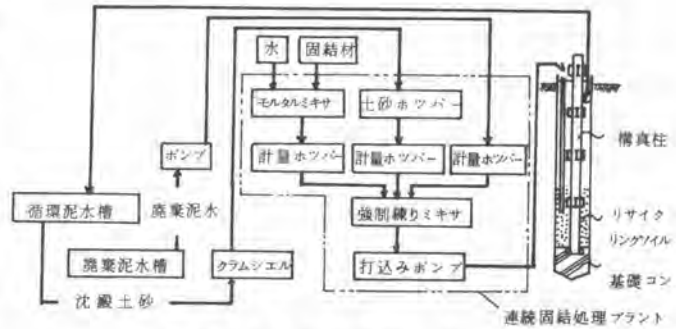


図-4 構真柱固着工法の基本フローシート



写真-1 連続固結処理プラント (HRS-30型)

表-1 固結処理プラントの仕様

HRS-30			
処理能力	30 M ³ /H	設置面積	約 52 M ²
総設備電力	100.7 Kw		

主要機器

名 称	仕 様	設備電力
1 ミキシングプラント	強制練り、0.5 m ³ /B	26.3 Kw
2 コンクリートポンプ	スクイーズ式、30 m ³ /h	37
3 コンプレッサー	7 Kg/cm ² × 630 l/min	3.7
4 モルタルミキサー	500 l × 2	22
5 水中ポンプ	φ25, φ50, φ80 × 1台	11.7
6 圧 送 管	φ150 mm	

、廃棄泥水（ $\gamma_c = 1.05 \sim 1.25 \text{ g/cm}^3$ ）と掘削土砂（ $\gamma_c = 1.4 \sim 1.6 \text{ g/cm}^3$ ）を混合し、その混合物の γ_c を1.3～1.5程度とし、さらに、固結材を50～200 kg/m³の範囲で添加できるものとなっている。また、計量設定値は連続的に容易に変更することができる。

4.3 施工

施工諸元を図-5に示す。

埋戻しは2～3日に1本の割合で行なった。リバース工法によって掘削施工中に発生した廃棄泥水と50mm以上の玉石をスクリーンで除去した沈殿土砂をそれぞれベツセルに貯留しておき、埋戻し材として利用した。廃棄泥水と沈殿土砂の混合割合および固結材の添加量は、廃棄泥水の発生量の実績を基に、あらかじめ配合試験を行って決定した。さらに、施工中に実際に発生した試料による配合試験結果やリサイクリングソイルのサンプリングによるチェックの結果より、必要な場合には配合設計を修正した。

当現場では、廃棄泥水をほとんど場外に搬出することなく、埋戻し材料として利用した。リサイクリングソイルの打設速度25～30 m/hで、1本の埋戻しに3～4時間を要し、約2,000 m³の埋戻しを行なった。

4.4 施工結果

埋戻し施工後、約3～4ヵ月後に掘削を開始し、現在、GL-10 mまで完了しているが、構真柱の曲がりおよび掘削施工上、問題なく順調に施工されている。

写真-2に埋戻し部の掘削状況を示す。

5. あとがき

固結処理工法に関して、ここでは構真柱建込み孔の埋戻し材としての利用例を示したが、リサイクリングソイルのもつ、流動性、固結後の強度を任意にできること、良好な止水性などの特性を利用すれば、その適用範囲はかなり広い。

当社では、泥水工法を用いる現場内で、発生した廃棄泥水を有効利用する多くの応用工法（例えば、場所打ち杭上部の空打部の埋戻し、シールドの裏込注入材、連続地中壁H鋼ジョイント部の止水性を向上する埋戻し材としての利用など）を開発している。

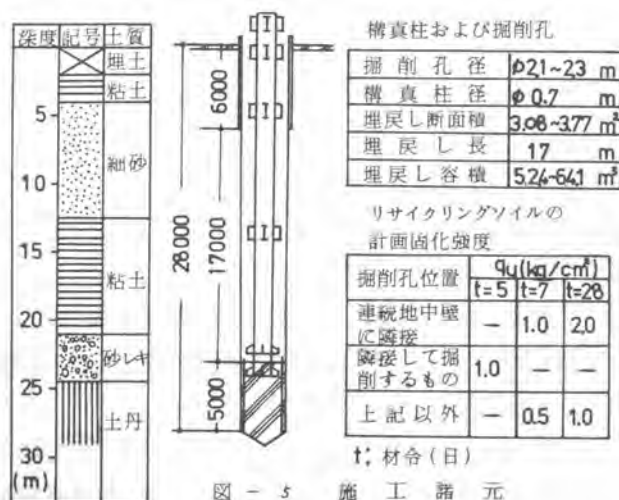


写真-2 埋戻し部の掘削状況