

# 10. 土圧シールドの掘削土再利用における流動化処理土製造方法の開発と実用化

帝都高速交通営団：藤木 育雄、  
佐藤工業㈱：\*小林 拓、花田 行和

## 1. はじめに

近年、シールド工事において、建設副産物の発生量の抑制やリサイクルの推進を図るため、建設発生土を有効利用した、埋め戻し工法（流動化処理土）を採用するケースが多くなっている。

営団地下鉄半蔵門線（渋谷～水天宮前）をさらに北東部に延伸する11号線本所工区では、土圧式シールドから発生する泥土を用いて、トンネルのインバート材や駅部の埋戻し材に利用した。本工事から発生する泥土は、極めて粘性の高いシルト・粘土であったことから、今回、この土質に適した流動化処理システムを開発した。

平成12年度に「泥土圧シールドの掘削土再利用における流動化処理システムの開発」として、粘性土解泥ミキサー、および泥水とセメント等を混練するミキサーの選定について報告した。

本稿は、良質な品質と単純工程を実現するために開発・実用化した、流動化処理土製造方法について報告するものである。

## 2. 開発の課題

土圧式シールド工事から発生する泥土を用いて、一定品質の流動化処理土を製造する場合、掘削される地盤の性状変化によって、泥土中に混入される砂等の含有率が異なると、一定の比重または含水比に調整された流動化処理土であっても、強度にバラツキが生じる。また、掘削された粘性土を溶解させるには加水する必要があるため、地盤の性状変化によっては、効率良く一定の含水比に調整することが困難となる。

これらのことから、本工事のシステムは、硬化後の強度にバラツキの少ない、一定品質の流動化土を効率良く、かつ精度良く得るための製造方法および装置を提供することにある。

## 3. システム概要

上記の解決策として、強度にバラツキが生じる原因となる砂、砂礫、貝殻、ガラ等の不純物を除去し、効率良く、かつ精度良く流動化土を製造するために、目的とする含水比に徐々に収束するよう、所望含水比の泥水を製造する単純工程を実現した。

### 3.1. システムフローの概要

本システムの流動化処理土の製造方法は、「泥水製造工程」と「固化材混練工程」の2つの製造工程からなる。流動化処理土の製造フローを図—1に示す。

「泥水製造工程」は、加水しながら粘性土を主体とする泥土を解泥装置で解泥し、最終的に所望含水比の泥水を得るもので、「固化材混練工程」は、泥水製造工程を経て得られた泥水に固化材を添加・混練して流動化処理土を製造するものである。

泥水製造工程は、「解泥工程」と「選別工程」および「泥水調整工程」の3つの工程からなる。「解泥工程」は、使用する掘削土を均質な材料にするもので、「選別工程」は、解泥工程によって得られた泥水から、シルト・粘性土以外の砂、砂礫、貝殻、ガラ等の不純物を除去するものである。また、「泥水調整工程」は、選別工程を経た泥水の容量および比重を測定し、これらの測定値に基づいた加水量を算出し、所望含水比の泥水を得るものである。

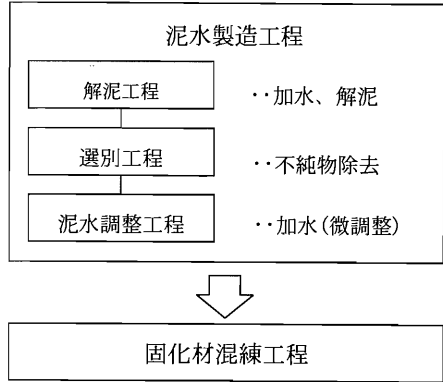


図-1 流動化土製造フロー

3.2. 泥水製造フロー

「解泥工程」においては、効率良くかつ精度良く一定の泥水を製造するため、解泥装置に取り付けたロードセルで、供給される泥土の重量を測定する。また、二周波流量計と $\gamma$ 線密度計で測定された比重から、土および水の重量・加水量を演算し、所望含水比よりも低く、かつ近似する含水比に調整しながら泥土の解泥を行う。図-2に泥水製造フローを示す。

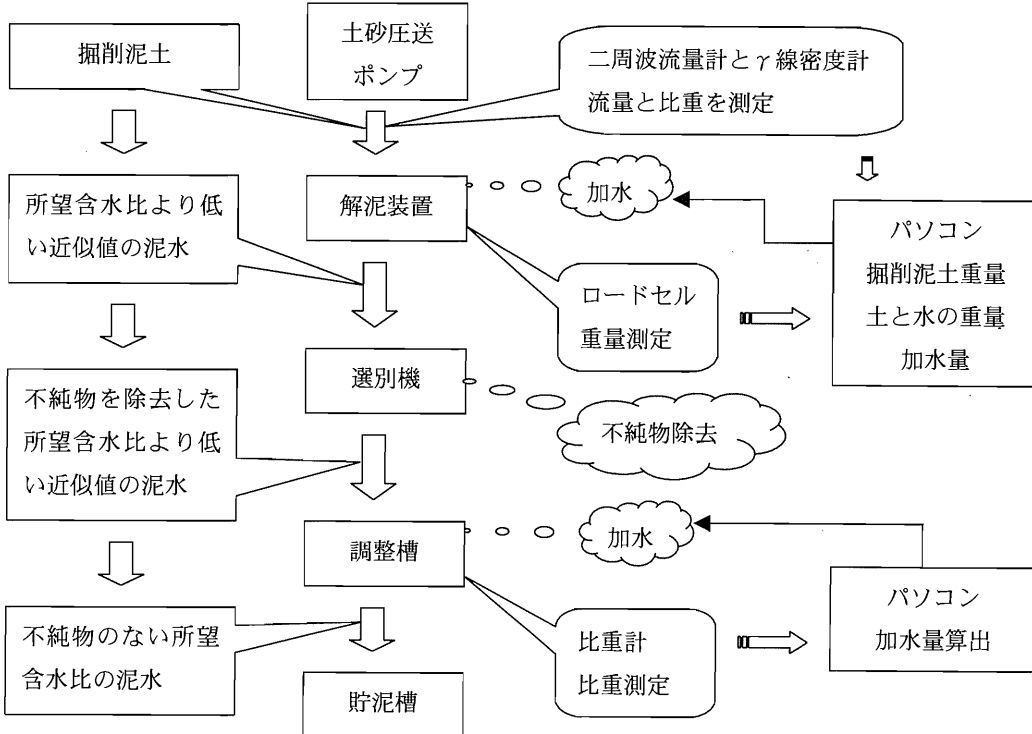


図-2 泥水製造フロー

#### 4. 施工報告

##### 4.1. 工事概要

「11号線本所工区土木工事」は、営団地下鉄半蔵門線（渋谷～水天宮前）をさらに北東部に延伸するもので、水天宮前を起点とし、清澄、住吉、錦糸町を経て押上に至る延長6.1kmのうち、押上停車場から錦糸町停車場までの907mの外径9,600mmの複線トンネルを、泥土圧シールドで掘削する工事である。

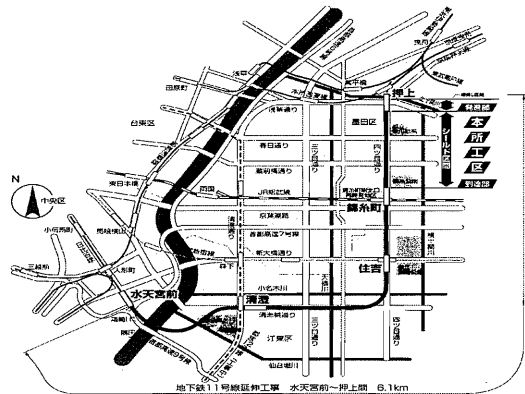


図-2 工事位置図

##### 4.2. 流動化処理土概要

今回の工事では、シールド掘進に伴う発生土の一部を直接現場内で処理し、シールドトンネルのインバート築造および駐車場の埋戻しを行った。シールド掘進部の土質は、全断面極めて軟弱で鋭敏比の高い下部有楽町粘性土層（Y1c）である。物性を表-1に示す。

表-1 シールド掘進部の土質

発生土インバート材と流動化処理土の要求品質を、表-2に示す。これらの条件を満足するよう、現場発生土による配合試験を行い、現場配合を表-3のように設定した。

施工数量を表-4に示す。

表-2 要求品質（基準値）

種類	一軸強度 (28日材令) (N/mm <sup>2</sup> )	JHS A313 70-値 (mm)
発生土インバート材	6.0以上	規定値 (130以上)
流動化処理土	0.13~0.56 (0.21以上)	180~300 (180以上)

( ) 数値を目標とした

土質	下部有楽町粘性土	
分類	粘土[CH]	
自然含水比	60~65 %	
液性限界	50~70 %	
塑性限界	35~40 %	
土粒子の密度	2.60~2.65	
粒度分布	粗砂分	1~2 %
	細砂分	6~10 %
	シルト分	88~94 %
	粘土分	

表-4 施工数量

種類	施工数量 (m <sup>3</sup> )	
発生土インバート材	7,140	30,620
流動化処理土	23,470	

表-3 現場配合

項目	含水比 %	発生土 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup> (ρ=1.6t/m <sup>3</sup> )	セメント kg/m <sup>3</sup>	水 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>	分散材 kg/m <sup>3</sup>	保持材 kg/m <sup>3</sup>
発生インバート材	180	0.41	400	0.46	6.0	4.0
流動化処理土	190	0.46	50	0.54	—	—

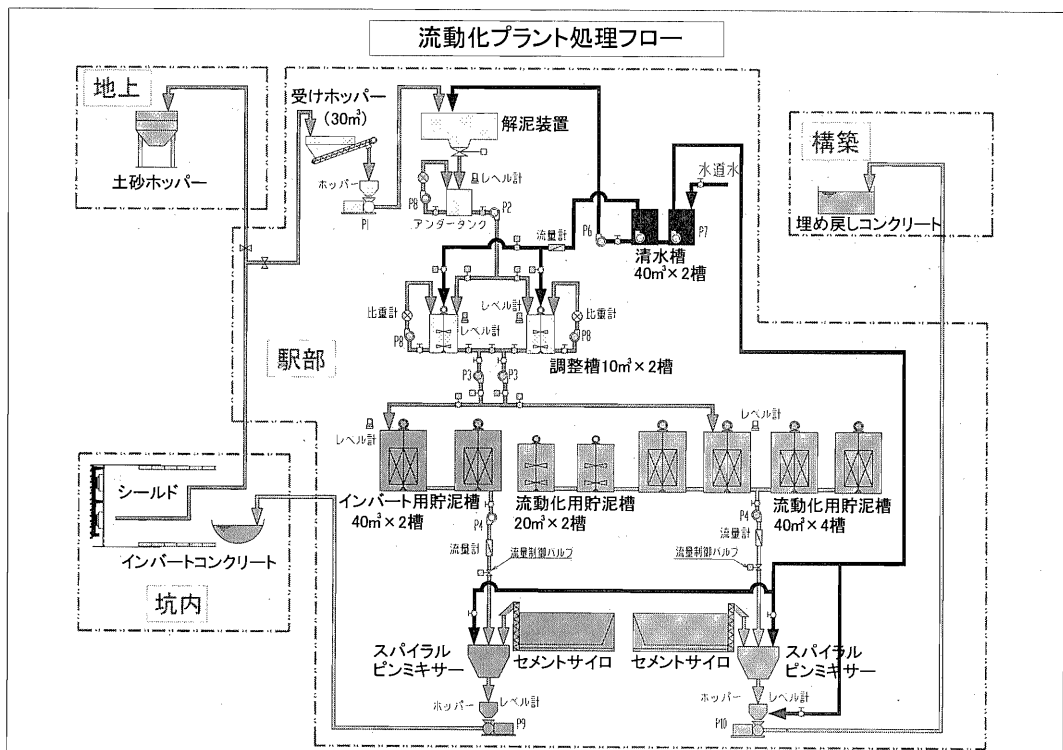
##### 4.3. 設備概要

図-3は、流動化処理土製造システムの概念図である。シールド掘進より発生した掘削土は、坑内から駅部構内へポンプ圧送される。埋戻し土として必要な量は掘削土の一部であり、掘進過程では、地層の変化により、流動化処理土として不適な砂層、または砂を多く含む土層に遭遇する場合もあるため、泥土流路を切り替え可能な設備とした。その他の掘削土は地上の土砂ホッパーより搬出した。

流動化処理プラントへ圧送された掘削土は、受けホッパーを経てバッチ式の解泥装置へと送られる。ロードセルで供給される泥土の重量を測定し、二周波流量計とγ線密度計で測定された比重により土および水の重量を割り出す。同時に、所望含水比よりも低くかつ近似する含水比に調整するための加水量を演算し、この水量を解泥装置に供給して泥水を製造する。

この泥水は、アンダータンクを通して選別機（図示していない）に送られ、不純物の除去後、調整槽へ送られる。調整槽では、比重測定後、演算された加水量を攪拌し、所望含水比の泥水を製造する。

二次的に比重を計測するため、アンダータンクにおいても、引き抜いた泥水を再びアンダータンクに戻す循環路を設けている。



図一 3 流動化処理土製造システム概念図

## 5. おわりに

今回、開発・実用化した流動化処理土製造方法は、泥水中に含まれる不純物を除去する工程と、固化材混練前に、徐々に所望含水比に収束する泥水の製造方法を特徴とするもので、本工事の掘削量約 65,000 m<sup>3</sup>の内、約30%を効率良く、かつ良質な品質を精度良く製造することができた。

今後は、建設工事に伴う建設副産物発生量の抑制や、リサイクルの推進が要求される。

したがって、建設発生土を有効利用する流動化処理土工法を採用するケースがますます多くなっていくものと思われるので、本システムが参考になれば幸いである。