

## 5. 大深度・掘削土再利用連壁（TSW）の施工事例

(株)竹中工務店：○田中 裕也、長谷 理、北村 敏直

### 1. はじめに

近年、都市部の地下工事における大深度化が進む中、工事中の掘削残土は増加傾向にある。また、掘削残土は環境保全、残土処理場の不足の面から発生を抑制させ、リサイクルすることで場外への搬出量を減らすことが求められている。

竹中ソイルセメント連続地下壁工法(以下、TSW=Takenaka Soilcement Wall Method)は、RC連続壁の掘削手法とソイル柱列壁の山留め構成要素を組み合わせた、大深度地下対応の山留め工法である。TSW工法の最大の特長は、掘削土のリサイクルが可能なことである。

今回、(仮称)名駅四丁目7番地区再開発ビル新築工事において、TSW工法としては最大規模となる掘削深さ 62m、壁面積 27,672m<sup>2</sup> の山留め壁を所期の仕様で構築できた。また、掘削土の再利用率 67.0%と高いリサイクルが実現できたので、併せて報告する。

### 2. 本論

#### 2-1. 工事概要

本工事は、名古屋駅周辺における地区機能更新のリーディングプロジェクトとして2004年1月に着工した。

地上部は高さ247mの事務所棟(高層棟)と映画館を有する店舗棟(低層棟)から構成され、地下部は深さ30mの駐車場とDHCから構成されている。表-1に工事概要を、図-1に建築パースを示す。

#### 2-2. 山留め工事概要

今回実施したTSWによる山留め工事の概要を、表-2に示す。山留め壁は、下部粘性土の盤膨れ防止のため、GL-65mの粘土層へ到達させている。また、TSWの高い遮水性能により、排水対象となる地下水量を少なくすることをねらった。

表-1 工事概要

工事名称	(仮称)名駅四丁目7番地区再開発ビル新築工事
建築地	名古屋市中村区名駅
建築主	東和不動産(株)、トヨタ自動車(株)、(株)毎日新聞
設計監理	(株)日建設計
施工	竹中・大林・鹿島・清水共同企業体
建築用途	事務所、店舗、映画館、駐車場、(DHCプラント)
階数	B6,F47,P2
敷地面積	11,643.15m <sup>2</sup>
延床面積	193,873.72m <sup>2</sup>
構造種別	RC, SRC(1F以下), S(2F以上), CFT(高層棟)
建物高さ	GL+247.0m



図-1 建築パース

表-2 山留め概要

名称	単位	数量
壁厚	mm	1,000
周長	m	446.3
掘削長	m	62.0 (SGL-3.0~-65.0)
壁面積	m <sup>2</sup>	27,672.2
ユニット数	U	170
ユニット当掘削土量	m <sup>3</sup>	173.6
設計掘削土量	m <sup>3</sup>	27,672.2
芯材	-	H-900*300*16*28他
芯材ピッチ	mm	440~500
芯材数量	本	917



## 2-4. ソイルセメントの基本配合

ソイルセメントは現地発生土を使用するために、施工場所の土質性状に影響を受ける。このため、事前に現地発生土による試験練りを実施し、必要な設計強度が確保できるように配合を決める。

今回の試験練りは、過去のTSW施工データを参考に、セメント量をパラメータに150kg、170kg、190kgと設定し、一軸圧縮強度試験を実施した。この結果を表-3に示す。日本建築センターの「地盤改良の設計及び品質管理指針」の設計基準強度を参考に NO.2 を基本配合とした。1m<sup>3</sup> 当り、掘削土量 1,250kg、セメント 170kg、ベントナイト 10kg、水 286kg である。

また、プラントから掘削溝まではポンプ圧送するために、施工上流動性が、重要な要素になってくる。これは、テーブルフロー値により示されるが、最適値としては、20~24cm であることが分かっており、テーブルフロー値は 22±2cm を目標値とした。

表-3 試験練りの結果

番号	セメント (kg)	掘削土量 (kg)	ベント ナイト (kg)	水 (kg)	含水率 (%)	テーブルフロー (cm)	一軸圧縮 強度(28日) (N/mm <sup>2</sup> )
NO.1	150	1,250	10	292	34.4	24×24	2.29
NO.2	170	1,250	10	286	33.8	22×22	2.52
NO.3	190	1,250	10	279	33.1	23×23	3.04

## 2-5. 機器の選定

掘削機は、大きく分けて①バケット式掘削機と②水平多軸式掘削機の2種類が考えられる。過去のTSW施工実績では、掘削長が約40mまでであったため、すべてバケット式掘削機により施工を行ってきた。しかし、本作業所では、掘削長が62mもあるため、浅い部分をバケット式掘削機で、深い部分を水平多軸式掘削機で掘削することで、各掘削機の特長を生かした効果的な掘削方法を計画した。

掘削対象は、先行ユニットが地山のみであり、後行ユニットは先行ユニット両端部のソイルセメントと中央部の地山であった。TSWは本設杭として設計されているため、従来の仮設山留め壁と異なり、ソイルセメント強度を上げた結果、バケット式掘削機で後行ユニットを掘削する場合、掘削能率が落ちることが予想された。このため最終的に、15mまでの掘削はバケット式掘削機で行い、それ以降62mまでを水平多軸式掘削機で

掘削することにより、最適な掘削計画を目指した。使用台数は、バケット式掘削機1台に水平多軸式掘削機1台の組合せとし、2セット準備して施工を行った。

ソイルモルタル製造プラントの選定については、1ユニットの打設量が180m<sup>3</sup>であるため、1時間あたり30<sup>3</sup>~50m<sup>3</sup>の能力を有する機種を選定することで、1日当たり6時間程度の打設時間を想定した。使用台数は掘削機に対応し2セットを配置した。

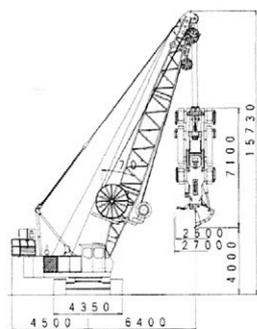


図-6 バケット式掘削機

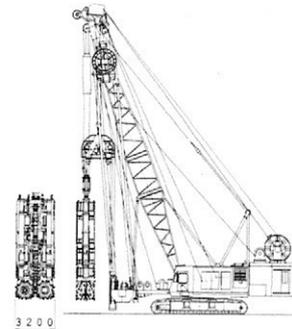


図-7 水平多軸式掘削機

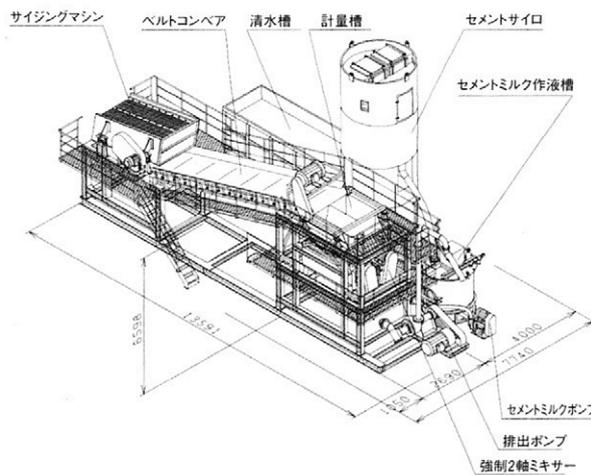


図-8 ソイルセメント製造装置

## 2-6. 施工サイクル

1日目と2日目の作業として掘削機による掘削、掘削溝の超音波測定、修正掘削、スライム処理がある。バケット式掘削機の掘削速度は先行ユニットで2.7m/h、後行ユニットで1.5m/hと、後行ユニット掘削で掘削速度が落ちることが分かった。水平多軸式掘削機の掘削速度については、先行・後行ユニットとも4.0m/hと掘削速度にあまり変化は見られなかった。また、各ユニット継目の遮水性向上のために、後行ユニット掘削後、バケットに爪(300×100)を取付けた後、先行ユニット

の側面にキー溝をつける作業が3時間程度要した。

3日目の作業は、スライム処理の実施後、芯材架台のセット、150tクローラクレーンによる芯材の建込み作業及び芯材のユニット化、トレミー管のセットがある。工事後半の作業では、作業スペースの確保が困難になり、芯材の建込み時に掘削溝に対し、クローラクレーンが垂直にセットできない状況等、芯材の建込み作業に不利な状況が増え、時間を要した。

4日目の作業は、ソイルセメントの作泥と掘削溝へのソイルセメントの打設がある。夜間掘削も含めて前日までに掘削された現地発生土は午前中の打設分に材料として使用されるが、午後の打設分は当日の掘削土を使用することでソイルモルタルの供給を可能にしている。また、打設完了後のソイルセメント製造装置の洗い作業が2時間程度かかるので、計画時には考慮しておく必要があった。

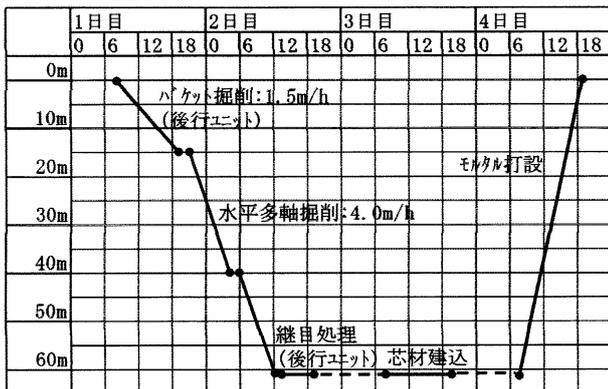


図-9 後行ユニットの施工サイクル

### 3. 施工結果

#### 3-1. ソイルセメントの強度管理

作業開始時に原土ピットから、よく攪拌した原土を採取し含水率を測定する。この測定値に基づき基本配合をソイルセメント製造装置に入力し、作泥を実施した。

一軸圧縮強度測定のためのサンプルは、強制2軸ミキサー部で採取し、1週、2週、4週強度を確認した。図-10に一軸圧縮強度結果の一例を示す。4週強度で設計強度  $1.2\text{N/mm}^2$  の2倍程度発現していることが確認できた。

#### 3-2. 現地発生土の再利用率

今回の大規模作業所において、TSW工法を採用し

た目的に、現地発生土の排出を押し、ソイルセメント材料として再利用させるということがあった。

ソイルセメント製造装置には、ある程度の粘性土は振動スクリーンによる流動化と、強制2軸ミキサーによる剪断攪拌機能で、材料として活用させる機能を備えている。加えて、今回水平多軸式掘削機を多用することで、掘削土に対し同様の剪断攪拌効果を発揮することができ、現地発生土の再利用に貢献できた。

結果は、全170ユニットの掘削土量  $27,672\text{m}^3$  に対し、ソイルセメント材料として使用した掘削土が  $18,543\text{m}^3$  あり、現地発生土の67.0%を再利用した山留め壁の構築が実現できた。

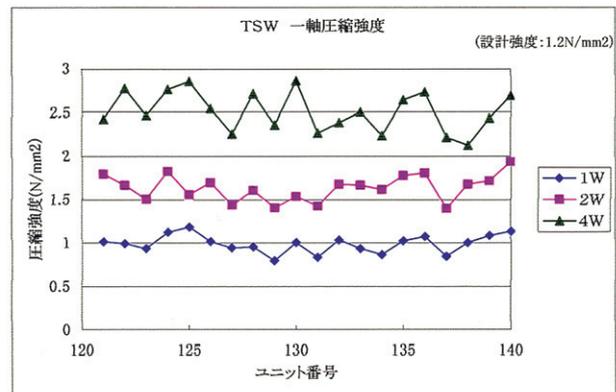


図-10 TSW 一軸圧縮強度

### 4. おわりに

TSWとしては過去に経験の無い掘削長62mという大深度の掘削土再利用連壁に取り組んだ。すでに確立されているTSWの各種要素技術を用いながら、所期の成果を得ることが出来た。また、水平多軸式掘削機の採用で現地発生土の再利用率の向上につながった。反面、安定液の劣化が予想以上に早く進み作液量が大幅に増加した。この点は、今後の計画時の課題であると考えられる。

最後に、本工事に御協力頂きました関係各位に謝意を申し上げます。

#### (参考文献)

- ・中原 淳、古川政彦、北村敏直:「ソイルセメント連続壁工法(TSW工法)の品質管理事例」、基礎工、総合土木研究所、1999年7月