

営業線近接都市部における 大規模地下駅構築工事の施工実績

土留壁，掘削土運搬に関する機械実績

瀬水 康博

近年，都市部においては踏切遮断による交通渋滞，踏切事故解消のため大規模な連続立体交差事業が行われている。当事業も東京都市圏西部地区の鉄道輸送の大動脈である京王線の国領駅，布田駅，調布駅を地下化し，18の踏切を減らし，地域交通の円滑化，踏切事故の防止，鉄道・道路の安全性の向上，並びに分断されている地域の一体化を目的として，調布駅を中心とした京王線約2.8 kmと相模原線約0.9 kmの計約3.7 kmを地下化するものとして計画された。

キーワード：都市，鉄道，土留工，掘削工，土運搬，軌条設備，テルハ

1. はじめに

本工事は，当事業の約3.7 kmを分割発注した連立6工区のうち，調布駅部（ホーム2面，軌道4線）の延長505 mを地下化する工事である。

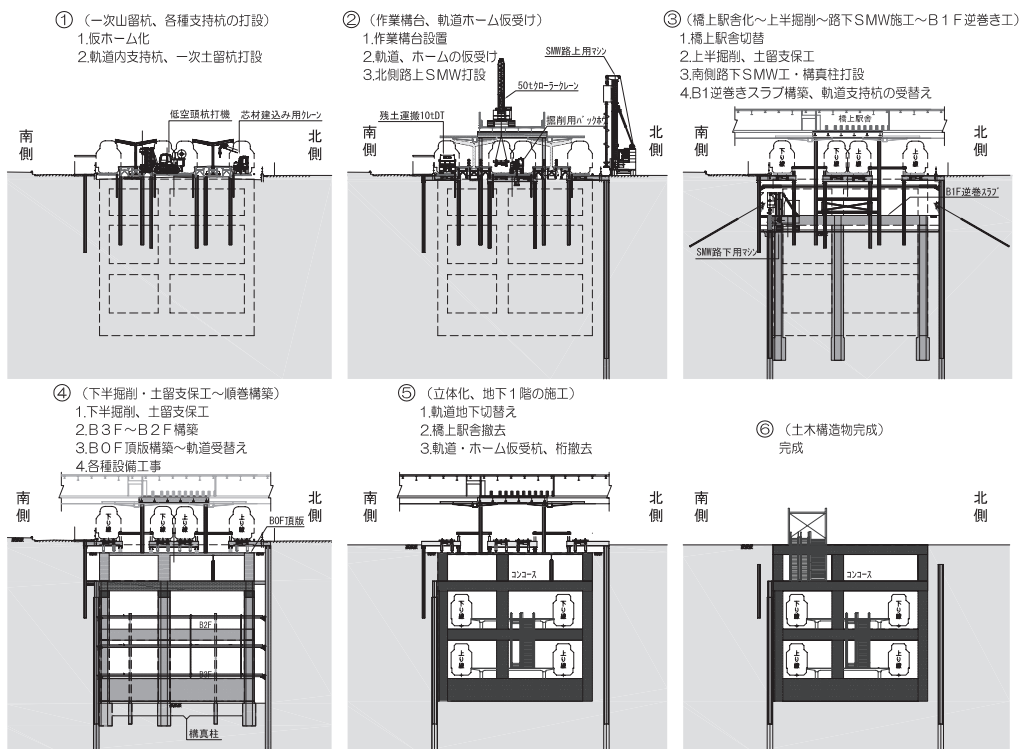
本稿では，営業線に近接した幅員の狭い道路及び路下の空頭制限下での土留壁施工にあたり，狭隘型SMW機を開発し施工したこと，また，営業線軌道直下での逆巻き工法による大規模開削工事における掘削

工事の施工実績について報告する。

2. 工事概要及び地質

本工事は，現在供用している軌道・ホームを仮受けし，開削工法によりその直下に3層（幅15～23 m，深度23～25 m）の鉄筋コンクリート構造物を築造する工事である。

代表断面として，図一1に駅部の施工順序を示す。



図一1 施工順序図

施工は①ホームの1次仮受け、軌道内杭打ち～②作業構台設置、軌道・ホームの仮受け、路上からの土留杭の施工～③駅舎の橋上化、GL-9mまで掘削、路下での土留杭の施工、構真柱の施工およびB1スラブの築造（逆巻スラブ）～④B1スラブへの軌道支持杭の受替え、B1スラブ下の掘削、躯体構築、各種設備工事～⑤軌道を地下へ切替え、地上鉄道施設物および仮設物の撤去～⑥完成～となる。

地質状況は、GL-3.5～-13.0mにかけてφ250mm以上の玉石が点在する立川礫層（Tag），それ以深はN値50以上の上総砂層（Ks1），上総粘性土層（Ksc），上総礫層（Ksg）及び難透水層である上総砂層（Ks2）と続く地質である。

3. 施工実績

(1) 土留工（SMW工）

本工事のSMWを施工するために、SMW施工機に求められる条件は以下の通りであった。

- ①杭芯から有効幅4.5m及び空頭6.0mで施工可能なベースマシンであること。
- ②N値50以上の礫、上総層を最大深度41mまで施工可能なこと。
- ③芯材形状より、削孔径がφ850～900mmとなり、高出力（240馬力）の3軸オーガを装着できること。
- ④路上施工時は、駐機場所へ移動できる機動性を持つこと。
- ⑤営業線近接施工であるため、十分な本体安定性と操作上の安全性を確保できること。

要求される施工能力に対応する一般的なSMW機（DH658、全装備重量135t）では、作業幅が9.5m程度となるが、それを半分以下の4.5mに、旋回半径も2.2m以内とするため、以下の対応を行った。

- ①パワーユニットにエンジン・油圧ユニットが一体化されているケーシング回転掘削機の油圧ユニットを使用して全体の小型化を図った。
- ②リーダを含むフロント装置は、高出力（240馬力）3軸オーガ装着可能とした。
- ③路下施工を考慮して、リーダを縮めた時の最小機械高さを6.0mとした。
- ④走行装置には中型SMW機（85t級）を採用し、機体幅の縮小を図った。
- ⑤油圧システムの制御を全て電気式とし軽量化を図った。
- ⑥機体の全操作をリモコンボックスに集約し、運転席

外での操作も可能とした。

- ⑦施工中の機体の安定性を保つため、フロントに伸縮式ジャッキを配し、スクリュロッドの引抜力を最大600kNまで確保した。

施工に先立って行った試験施工の結果、単軸による先行削孔2本+3軸による土留造成の手順にて、立川礫層での孔壁崩壊を防止するために通常配合よりセメント・ベントナイトの量を多くし施工を行った。

削孔制度は先行削孔に左右されるため、先行削孔の精度の管理値を、路上路下共、芯材の建込み精度と同じ1/150以下とし、目標精度は1/200以下とした。測定はオーガスクリュに内蔵した傾斜計で行い、変位で最小5mm（傾斜1/6, 460），最大147mm（傾斜1/219），平均58mm（傾斜1/967）と良好な結果を得た。この結果、本削孔における芯材の建込みも所定深度まで無理なく建込むことができた。図-2に施工状況図を、写真-1, 2に施工状況写真を示す。

表-1に路上、路下での錐の仕様及びサイクルタイムを示す。施工に要する時間は錐の切継ぎ長の違いが支配的となり、先行削孔2本及び造成1セット（芯材建込み含む）の施工に対し、路上施工については6時間を要し、路下施工については9時間を要した。

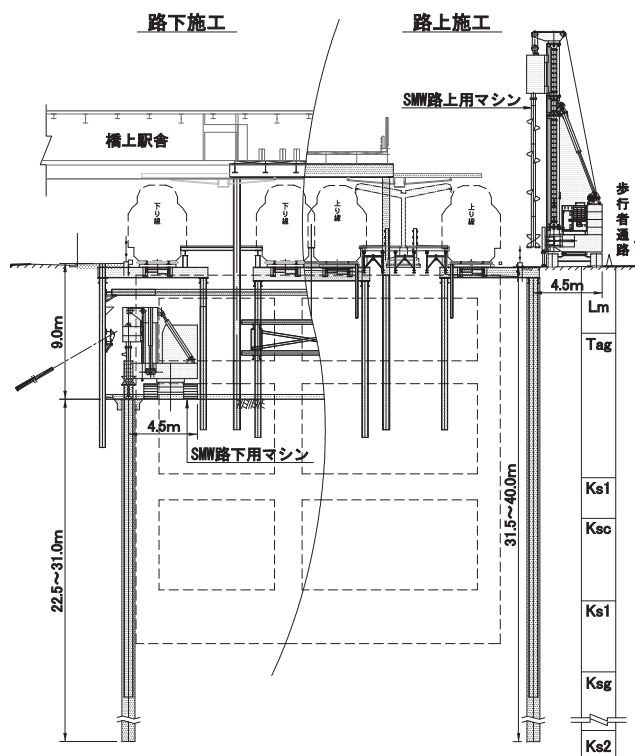
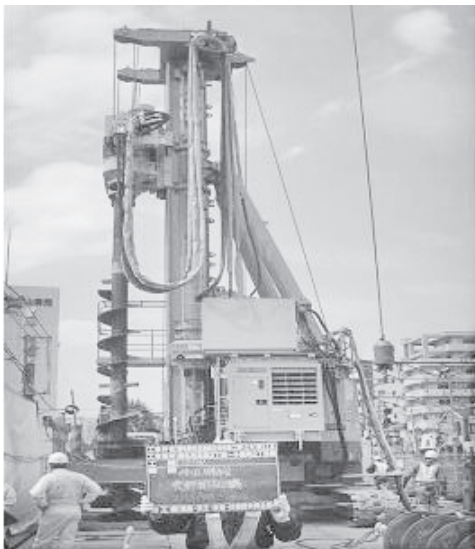
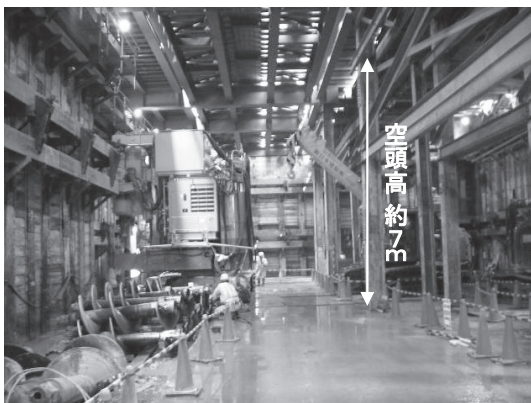


図-2 施工状況図



写真一 1 SMW 機路上作業状況



写真一 2 SMW 機路下作業状況

表一 1 SMW 施工サイクルタイム

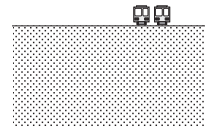
	路上施工	路下施工
錐形状	先端スパイラル	オールスパイラル
切継ぎ長	6.8m	1.9m
実施工時間	6h (夜間)	9h (昼夜間)
削孔長	31.5 ~ 40.0 m	22.5 ~ 31.0 m
先行削孔	2 本	2 本
造成	1 セット	1 セット

(2) 掘削工

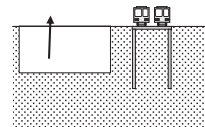
当工事では掘削箇所のほぼ全面に営業線が走っている状況であり、通常の開削掘削のように掘削した箇所から直上へ掘削土を搬出することが困難であったため、B1 スラブを逆巻き工法により先行して構築し、構築の完了した B1 スラブ上を掘削土搬出・資機材搬入の動線として利用する計画とした。また、B1 スラブ構築のための掘削土搬出用として、現場周囲に複数箇所の副立坑を配置して構築を進めた。図一 3 に掘削作業の標準ステップを示す。

このような特殊な掘削土搬出経路となっているた

Step1 当初

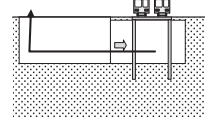


Step2 副立坑構築、軌道仮受け



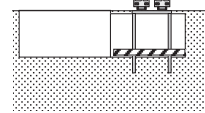
Step3 一次掘削

※掘削土は、掘削箇所→副立坑→地上の順序で搬出



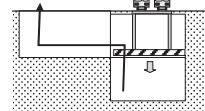
Step4 B1スラブ構築

※B1スラブは山留壁、仮受け杭で支持



Step5 B1スラブ下掘削

※掘削土は、掘削箇所→B1スラブ上→副立坑→地上の順序で搬出



図一 3 掘削作業標準ステップ

め、B1 スラブ上にテルハクレーン数機を設置し、B1 スラブ下の掘削土を揚土し、B1 スラブ上に設置したベルトコンベヤ、軌条設備にて副立坑へ運搬、副立坑上に設置したパイプクラムにてダンプに積込み搬出、という方法にて掘削土搬出を行った。以下に使用した機械設備の仕様と施工実績及び不具合事例を示す。また、表一 2 に設置した設備の一覧を示す。

(a) テルハクレーン

揚土に使用したテルハクレーンは、B1 スラブ上自体が軌道下であり、空頭制限があるため、ホイスト方式ではなくウインチ方式を採用した。また、ウインチの運転にインバータを使用することにより巻き上げ、巻き下げの運転速度を高速化(巻上速度 24 m/min)し、サイクルタイムの短縮を図った。

このテルハクレーンでの作業は、最大深さ 16 m の掘削に対してサイクルタイムで約 2 分、1 台あたり処理能力で 27 ~ 30 m³/h であった。

(b) ベルトコンベヤ

B1 スラブ上の掘削土運搬に使用したベルトコンベヤは、ベルト幅 600 mm、ベルト速度 100 m/min、運搬能力 240 t/min となっており、テルハクレーンからの掘削土受け口に定量供給用のベルトフィーダを配す

表一 掘削土揚土・搬出設備一覧

設備区分	名称	単位	数量	仕様	設置場所	備考
掘削土揚土	テルハクレーン	2	基	4.9 t 吊, ウインチ式 1 m ³ バケツ装備	東エリア	撤去後, 駅エリアに転用
	ベルトコンベヤ	2	基	W = 600, 100 m/min 240 t/min, L = 約 100 m	東エリア	撤去後, 駅エリアに転用
	テルハクレーン	6	基	4.9 t 吊, ウインチ式 1 m ³ バケツ装備	駅エリア	東エリアからの転用分含む
	ベルトコンベヤ	6	基	W = 600, 100 m/min 240 t/min, L = 約 250 m	駅エリア	東エリアからの転用分含む
軌条関係	軌条	284	m	RG762	駅エリア	
	片開き分岐	1	基	RG762, 左	駅エリア	
	バッテリーロコ	2	台	牽引力 630 kgf 定格速度 6 km/h	駅エリア	
	ズリ鋼車	2	台	2.0 m ³ , 自動転倒式	駅エリア	副立坑での排土用に 天井クレーン (4.9 t) を設置

る計画とした。

(c) 軌条設備

ベルトコンベヤを配置し、且つ、重機、作業員の動線を確認するため、一部の区間でベルトコンベヤの代替設備として軌条設備を設置した。軌条の総延長は約 280 m、動力車として、バッテリーロコ（牽引力 630 kgf、定格速度 6 km/h）と掘削土運搬用のずり鋼車（2.0 m³）のセットを 2 セット導入した。

(d) 施工実績

2009 年 6 月より、前述の設備を使用して B1 スラブ下の二次掘削を開始し、2010 年 3 月末にて約 156,500 m³ の掘削を完了した。

表一 3 に二次掘削期間中の月別掘削土量を示す。

表一 3 月別掘削土量

		掘削土量 (m ³)
平成二十一年	6 月	3,487
	7 月	3,256
	8 月	8,729
	9 月	11,539
	10 月	14,036
	11 月	22,083
	12 月	35,332
平成二十二年	1 月	27,385
	2 月	17,424
	3 月	13,195
二次掘削土量計		156,465

この掘削土搬出設備で発生した主な不具合及びその対処は以下の 2 点であった。

①テルハクレーンの過巻き防止装置の故障

設置場所である B1 スラブ上は空頭制限があり、そのためウインチ式を採用したのだが、それでも吊りしろの確保が厳しかったため、揚土の際に過巻き防止装置が作動するまで巻き上げる必要が生じ、そのことによる過巻き防止装置の故障が多発した。

本工事では工程の都合上改造が間に合わなかったが、過巻き防止装置の形状変更と巻き上げ最終段階での巻き上げ速度の減衰・減速化を図ることで解消できるものと考えている。

②ベルトフィーダ出口部の閉塞

GL-25 m 付近にある土丹が大きな塊としてテルハクレーンで揚土された際に、定量供給用に開口サイズを小さくしているベルトフィーダの出口部に詰まり、時には鋭角に割れた土丹塊によりベルトフィーダのベルトが裂ける現象が発生した。また、粘性の高い土砂がベルトフィーダのホッパ部に堆積して閉塞する現象も発生した。

本工事では、ベルトフィーダの定量供給口の形状を幅広、アーチ型にし、その分ベルト速度を低下させる。更にホッパ内側にテフロン板を取付けることでこの不具合を改善することができた。

以上のように問題点に対処し、工程通りに掘削を完了することができた。写真一 3～5 に掘削設備、施

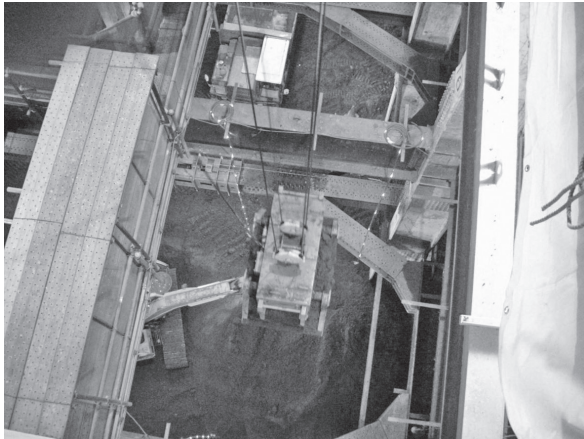


写真-3 掘削土揚土状況



写真-6 掘削完了状況

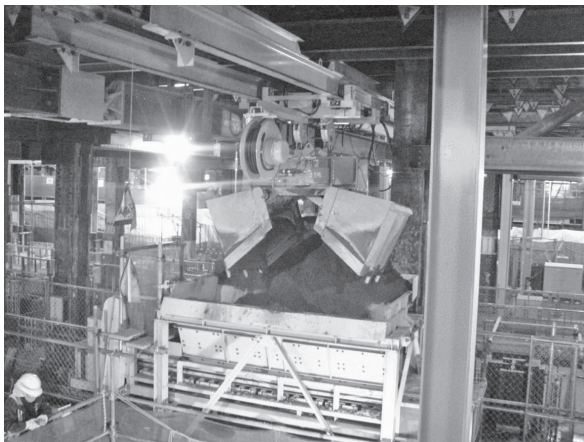


写真-4 テルハクレーン⇒ベルトフィーダ積込み状況



写真-5 軌条設備設置状況

工状況の写真を示す。また、写真-6に掘削完了状況写真を示す。

4. おわりに

開かずの踏切対策として、今後も都市部での鉄道の地下化が計画されると思われるが、狭隘な都市部での施工にはそれぞれの立地条件に適合した綿密な計画が求められる。

本報文が今後の同種の狭隘な現場での施工計画立案の一助になれば幸いである。

J|C|M|A

《参考文献》

- 1) 寺田・岩村・河辺・小倉・澁谷, 狭隘型・低空頭・大深度・大口径 SMW 機の開発と施工実績, 土木学会第 64 回年次学術講演会論文集, 2009 年 9 月
- 2) 寺田・岩村・大石・小倉・三室, 調布駅地下化工事における大規模掘削工事の施工実績 (その 2), 土木学会第 65 回年次学術講演会報文集, 2010 年 9 月
- 3) 岩村, トンネルと地下: 営業線直下掘削における支保工段数を情報化施工により低減, (社)日本トンネル技術協会, 42 巻, 2 号, pp.115-125, 2011 年 2 月

【筆者紹介】

瀬水 康博 (せみず やすひろ)

鹿島建設㈱

東京土木支店 京王調布統合事務所

京王調布 JV 工事事務所

機電課長

