高被圧水下でのシールドマシーン引き出し工
営団地下鉄７号線高輪一工区

帝都高速度交通営団　正会員　川　岸　康　人
正会員　名古屋　菊　夫
辻　　雅　行
五洋建設　　　　熊　田　勝　美

１．はじめに

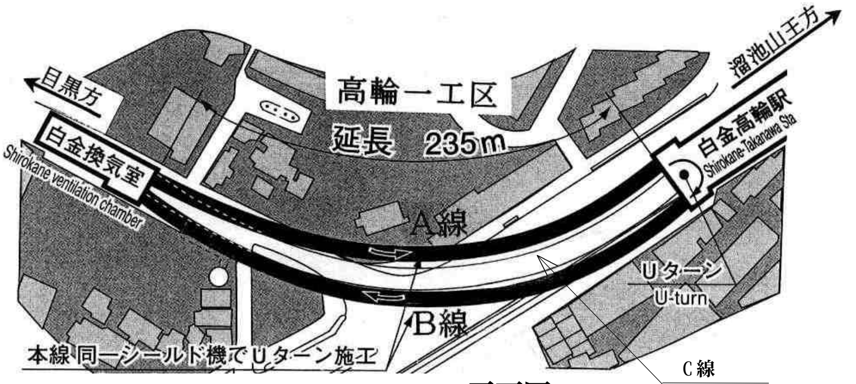
営団地下鉄７号線（南北線）は目黒を起点とし、赤羽岩淵に至る延長 21.4㎞ の路線である。このうち溜池山王～赤羽岩淵間の 16.2㎞ は、すでに営業しており、残る目黒～溜池山王間 5.2㎞ についても平成 12 年秋開業を目指し、工事も最終段階となっている。本稿では、７号線最後のシールド工事である高輪一工区において施工した、高被圧水下でのシールドマシーンを立坑へ引き出した施工結果について報告するものである。

２．工事概要

（1）概　要

本工区は、白金換気室と白金高輪駅間に単線トンネル２本を泥水式シールドにて築造する工事である。シールドは白金換気室（Ａ線）より発進し白金高輪駅立坑に到達後、シールドマシーンを立坑内に引き出し、Ｕターン後再発進（Ｂ線）し白金換気室に到達する計画である。白金換気室の立坑としての使用は、最初に目黒へ向かう複線シールドの発進立坑として役割を果たし、その後Ｃ線の複線シールドの発進立坑、最後に本工区の単線シールドの発進・到達立坑として使用される。このため、本工区が開業のクリティカルとなっており、施工に対する確実性が重要視される。

- 施工延長　　　　：235m
- 最小曲線半径　　：Ｒ=160m
- 縦断勾配　　　　：35‰
- 土被り　　　　　：22～25m
- セグメント外径　：6.60m
- シールド機外径　：6.76m
- Ａ線到達部土留め：NOMST 厚 1200㎜



図－１　平面図

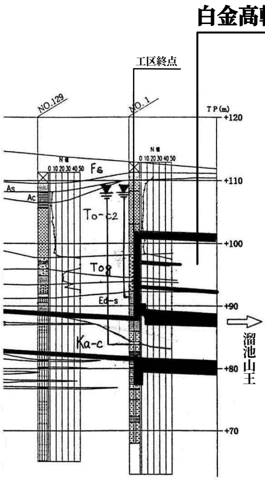
（2）地質・地下水位

白金高輪到達部の地質状況を図－２に示す。到達の鏡部は上部２/３が江戸川層砂層土部（Ed-s）、下部１/３が固結ｼﾙﾄ（Ka-c）と細砂（Ka-s）の互層から成っている上総層群である。Ｎ値 50 以上と堅固な地盤であるが、Ed-s、Ka-s とも非常に高い被圧水頭を有しており、シールド断面付近でシールド頂部から 19m の水頭を有している。

３．施工

（1）到達引き出しに伴う事前措置（止水ゾーン形成、隔壁設置）

到達引き出し時の止水対策は、地盤内に止水ゾーンを形成する方法と構内に圧力容器をセットし、シールド機を取り込む方法が考えられる。本工区ではシールド機を立坑内に引き出し後はＵターンのための架台や移動用敷き鉄板等が必要であり、圧力容器による工法では引き出し後の工程・作業に問



土層区分凡例

年代			地質名		記号	主な土質
第四紀	現世		埋土		Fs	---
			表土		Ts	---
	沖積世	沖積層	腐植土		Ap	腐植土
			砂質土		As	細砂
			粘性土		Ac	粘土 砂質粘土
			砂礫		Ag	砂礫 粘土混り細砂
	洪積世	洪積層	関東ローム		TMℓ	ローム
			ローム質粘土		ℓc	凝灰質粘土
			東京層	粘性土部	To-c	砂質粘土 シルト
				砂質土部	To-s	粘土混り細砂 中砂
			東京礫層	砂礫部	Tog	砂礫 中・粗砂
				砂質土部	Tog-s	ｼﾙﾄ混り細砂 砂礫
				粘性土部	Tog-c	固結粘土
			江戸川層	砂礫部	Ed-g	砂礫
				砂質土部	Ed-s	細砂
				粘性土部	Ed-c	砂質粘土
				固結ｼﾙﾄ	Ed-aℓ	固結ｼﾙﾄ 細砂互層
第三紀	鮮新世		上総層群		Ka-c	泥岩 砂質泥岩
					Ka-s	細砂

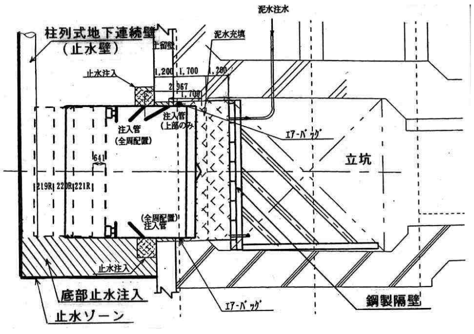
図－２　引き出し部地質図

キーワード：泥水式シールド、シールドマシーン引き出し、高被圧水

連絡先　　：〒108-0072　港区白金１－１７－３　TEL 03-5420-7334　FAX 03-5420-7338

題があるため、前者の方法とした。

地盤構成に注目し、芯材なしの柱列式地下連続壁（止水壁）をコの字型に囲うことを基本として止水ゾーンを形成することにより最も確実でかつ経済的な工法とした。止水壁後端位置は、シールド機がNOMST壁切削する前にセグメントと止水壁の接合部分の止水を行う必要があるため、セグメントから止水薬液注入を施工できる、シールド機長＋１リング分の位置に止水壁後端位置を設定した。

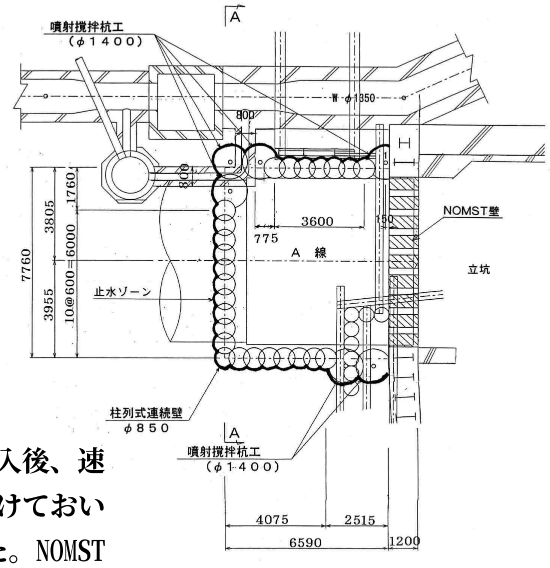


図－３　縦断面図

底部止水については砂層が介在する上総層の条件を考慮し、二重管複相式ストレーナ工法による地盤改良薬液注入を半月状に施工した。

埋設物管路部及び止水壁と躯体との取付部については柱列式地下連続壁では施工不可能なため、高圧噴射攪拌工法により止水壁を形成した。

構内の鋼製隔壁はシールド機カッター駆動部がエアバックを通過しシールドスキンプレートにエアバックをかけて止水が可能となる呑みこみまでを担保できる最小限の位置とし、泥水を溜められる強度を有する構造とした。



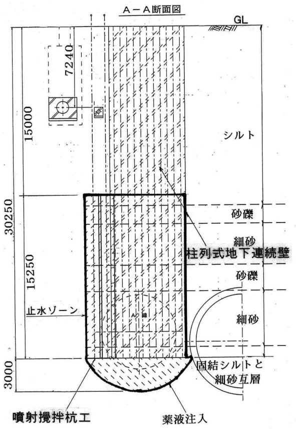
図－４　平面図

（２）止水ゾーンでの掘進

一般部掘進速度20mm/minのシールド機は、止水壁後端位置進入後、速度を5mm/minに落として掘進し、シールド機内に前もって取り付けておいた注入孔より薬液注入を行いながらNOMST壁面まで掘進を行った。NOMST壁の手前で掘進を一時停止し、止水壁後端部における止水薬液注入をセグメントより行い止水ゾーンの形成を確実なものとした。

（３）NOMST壁の切削

NOMST壁(厚 1200mm)掘進中は切羽泥水圧を 0.05N/mm² 以下に設定し、切削は0.5mm/min以下の掘進スピードとした。NOMST壁掘進完了後、シールド機注入孔よりNOMST周辺に止水注入を行った。その後、隔壁内及びチャンバー内の泥水を抜き、背面からの地下水の流入が無いことを確認した。



図－５　横断面図

（４）引き出し用エントランスシールにおけるエアバックの作動

カッター駆動部がエアバックを通過するまでシールド機を再び推進させ、エアバック(ゴムチューブ)へ注水を行い締めつけた。エアバックは、シールド機引き出し時の推進における破損防止のため、バネ鋼を介してシールド機にフィットする構造とした。その後、止水状況を確認し鋼製隔壁の全面撤去を行った。

以降、機内注入及びセグメントからの薬液注入を併用しながら推進速度 10mm/min程度で推進し、NOMST壁掘進開始から約１８日で引き出しを無事完了したが、この期間中、地盤内止水ゾーン、薬液注入、エアバックの効果により、最終的には数ﾘｯﾄﾙ/minの湧水で安全に施工することができた。

表－１　実施工程表

日	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
ノムスト壁切削(t=1200) 機内注入 (219R～220R+400mm)	■	■	■	■														
泥水抜き NOMSTｶﾞﾗ撤去 機内注入					■	■	■	■	■									
ｼｰﾙﾄﾞ機推進(220R+400～221R+600) ｴｱﾊﾞｯｸ注水・ｴｱﾌｪﾝｽ注入 機内注入										■								
隔壁解体撤去											■	■	■					
ｼｰﾙﾄﾞ機推進(221R+600～226R+仮3R) 到達架台組立　機内注入 ｴｱﾊﾞｯｸ内ﾓﾙﾀﾙ置換														■	■	■		
止水鉄板取付																	■	■

４．おわりに

今回の採用した止水ゾーンを地山に形成する工法により、地山を大規模に改良することなく、また立坑内のマシーン引き出し準備も最小限に留められ、短期間に確実かつ経済的にマシーンを引き出すことができたと判断している。今後、同様な工事の際に参考になれば幸いである。