

## 超軟弱地盤上に構築された既設ケーソン躯体の 駅改良工事（本体利用連壁・構内地盤改良）

### —東京メトロ東西線 南砂町駅改良工事—

西青木 光則（大成・竹中土木建設工事共同企業体 現場代理人）

東京メトロ東西線は、千葉方面から都心へのアクセスが良く、年々利用客が増えている。近年、通勤ラッシュ時には混雑率が200%と高く、旅客の乗降時間の増大により後続列車が駅間で停車して遅延が蓄積し、慢性的な列車遅延が生じている。（図-1）

この遅延対策の一つとして南砂町駅では、現在の島式ホーム1面2線を2面3線化することで、都心方向（中野行）の列車の交互発着を可能にする。これにより、旅客の乗降中にも次列車が別のホームへ入線することで、列車の遅延を防ぐことができるようになる。（図-2）

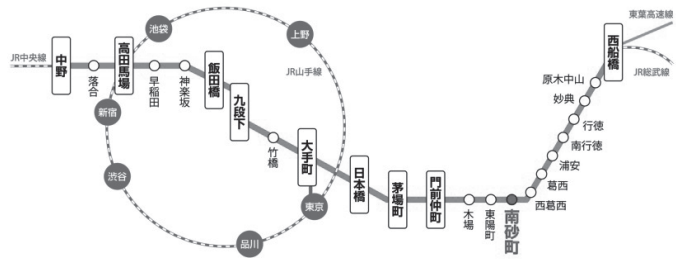


図-1 東京メトロ 東西線路線図

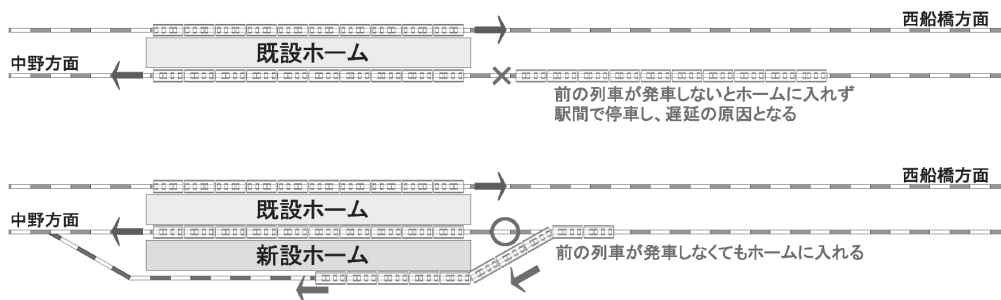


図-2 2面3線化の状況

改良工事は、運河の下に潜函工法で築造した既設躯体の外側に新たな構築を付け加え、一部既設構築の上床版及び側壁を撤去して増線する。（図-3）

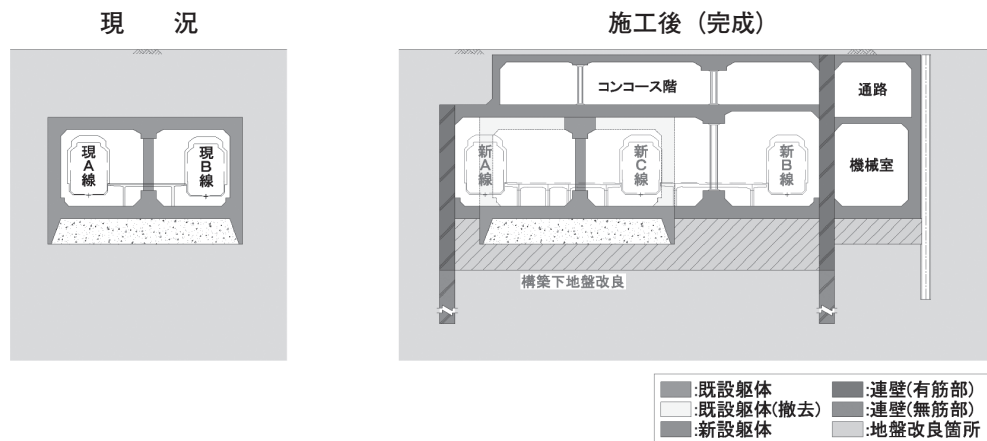


図-3 駅改良断面図

# 1 工事概要

工 事 件 名	東西線南砂町駅中央部工区改良土木工事
発 注 者	東京地下鉄株式会社
施 工 者	大成・竹中土木建設工事共同企業体
工 事 場 所	東京都江東区南砂 3-10～新砂 3-3
諸 元	<ul style="list-style-type: none"> <li>●土留め壁                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・RC連壁 (t=1.2m) : 4,830㎡</li> <li>・RC連壁 (t=1.0m) : 626㎡</li> <li>・SMW壁 : 2,736㎡</li> <li>・鋼矢板 (IV型) : 671㎡</li> </ul> </li> <li>●掘削                             <ul style="list-style-type: none"> <li>・最大深度 : 13.5m</li> <li>・掘削土量 : 70,656㎡</li> </ul> </li> <li>●鉄筋コンクリート : 19,662㎡</li> <li>●鉄筋コンクリート壊し : 3,770㎡</li> </ul>

駅躯体の拡幅は、既設構築の両側にRC連壁を、また機械室部分としてSMW壁（一部鋼矢板）を土留め壁とし、開削工法にて深さ13.5mまで掘削する。

RC連壁は本体利用で、既設構築の床版と新設床版にて接続し新設躯体の側壁となる。（図-4）

当該箇所の土質はN値が0～2の超軟弱なシルト層が約30mの深さまで存在する。既設躯体はその軟弱な土の中に浮かんでいる状態であり、浮力やリバウンドなど非常に変位を起こしやすい。そこで、構築下に地盤改良を施工し、また中床版を先に施工する逆巻き工法による掘削で変位を抑制する。

ここではRC連壁と構築下地盤改良の施工方法について詳細を述べる。

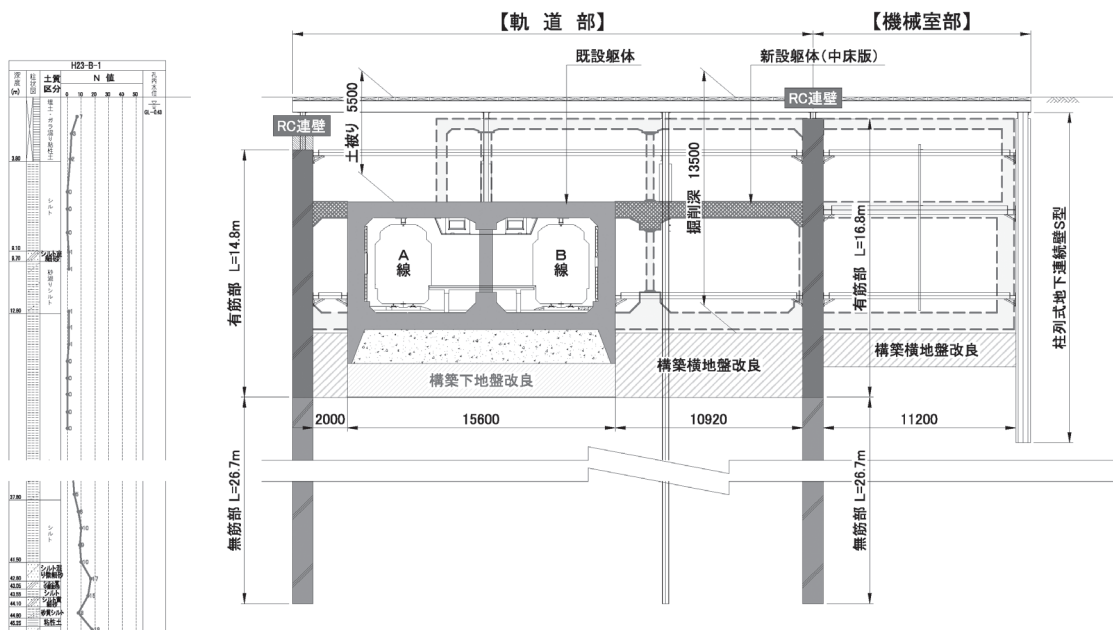


図-4 掘削標準断面図

# 2 RC連壁

## (1) 連壁の概要

### ① 連壁の構造

当工事におけるRC連壁は、支持力を確保するためにGL-44mまで根入れする。

しかし連壁延長全体を同一深さにすると、掘削・排泥処理・コンクリート体積が増えて不経済となるため、図-5に示すような深い部分と浅い部分が交互になる『楕円構造』となっている。

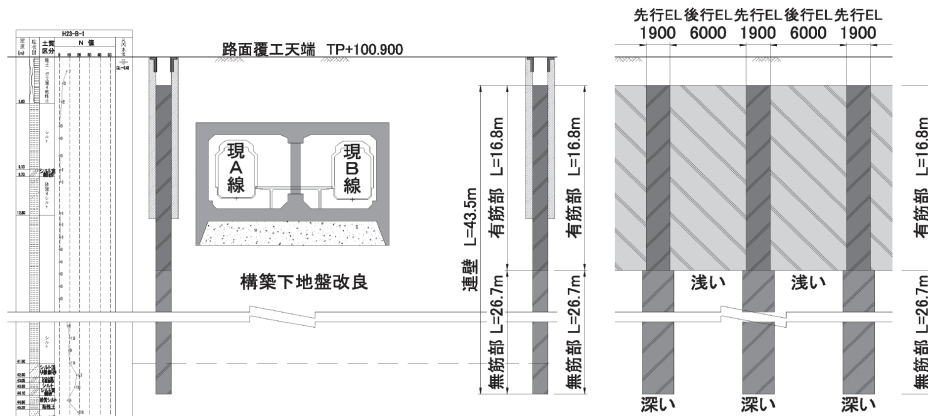


図-5 連壁横断面図、縦断面図

② 鉄筋

上記の深部は無筋、浅部は有筋で、連壁の継手は剛結継手である。先行エレメントは仕切り板・キャンバスシートに囲まれた部分のコンクリートを先に打設し、その仕切り板から飛び出した配力筋の間に入り込むように後行エレメントの鉄筋を挿入し、配力筋をラップさせてコンクリートを打設する。(図-6)

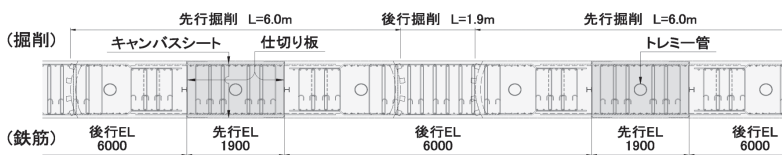


図-6 鉄筋詳細平面図

③ 掘削機

軟らかい粘性土の掘削に適し、経済的なMHL掘削機(バケット式掘削機)を使用した。(図-7)

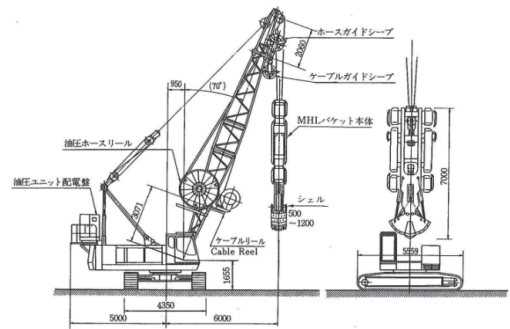


図-7 MHL掘削機

(2) 連壁の施工手順

① 先行エレメント施工手順

MHL掘削機で3ガット掘削をした後、バケットにて床ざらい(1次スライム処理)を行う。

スライムクリーナーを用いて2次スライム処理を行い、超音波測定器で掘削精度を確認する。その後クレーンにて鉄筋を建込み、仕切り板の内側のみコンクリートを打設する。(図-8)

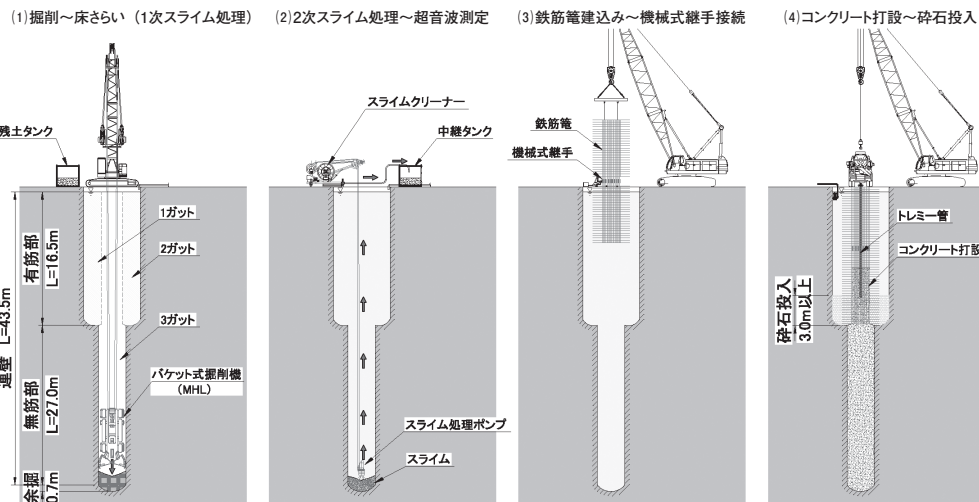


図-8 先行エレメント施工手順

② 後行エレメント施工手順

先行エレメントの間に残った土をMHL掘削機で掘削し、1次スライム処理を行う。

継手部分の洗浄を行った後、先行エレメント

と同じく2次スライム処理・超音波測定を行い、鉄筋籠を建込み残りのコンクリートを打設する。(図-9)

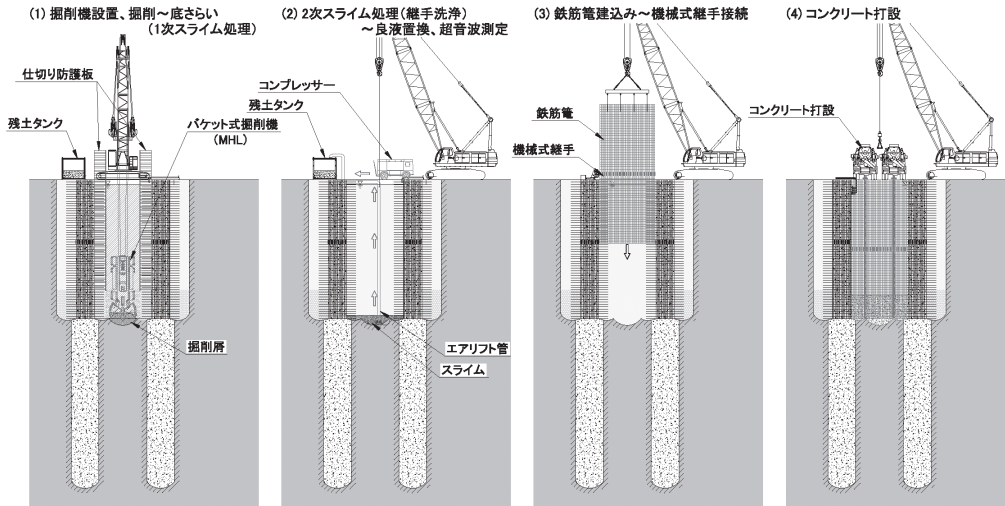


図-9 後行エレメント施工手順

(3) 連壁施工のポイント

① 軟弱地盤対策

前述のように、当該地盤はN値が0～2の超軟弱な沖積粘性土層が堆積している。溝壁安定計算を行ったが、安定液と地下水位差では溝壁の安定性が確保できないという結果であったため、溝壁の崩壊防止のために防護ソイル壁(SMW工法 芯材無し)を施工し、溝壁防護を

行った。

また連壁掘削により周辺地盤が水平方向に変位し、近接する既設の駅躯体が変位することが懸念された。そこで連壁施工位置の脇に傾斜計を設置し、地盤の変位を確認するとともに、既存軌道の検測を行って軌道の監視をしながら施工を進めた。(図-10)

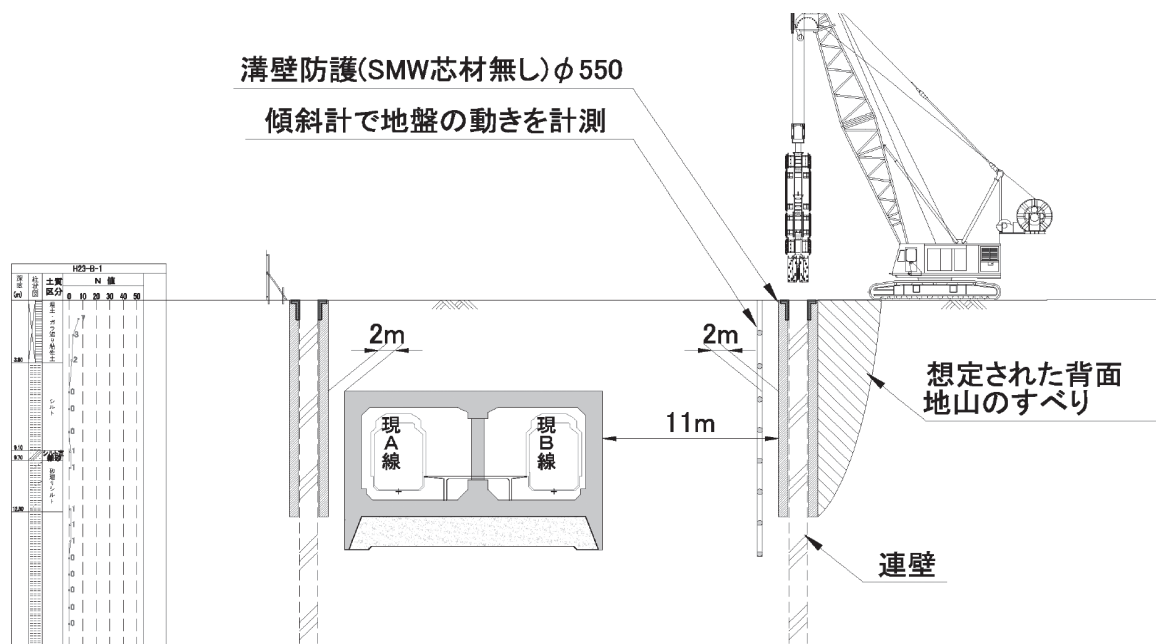


図-10



### ② 施工精度の確保

本工事における連壁は本体利用であるため、掘削の精度は1/500以内で管理する必要があった。そのため掘削中にバケットの傾斜計により精度を確認し、アジャスターを出し入れすることで修正掘削を行い掘削精度を確保した。(図

-11、12)

掘削完了後、超音波測定機を用いて最終掘削形状を確認するとともに、溝壁崩壊の有無を確認した。掘削は1/600mm以内の鉛直精度を確保できている。(図-13)

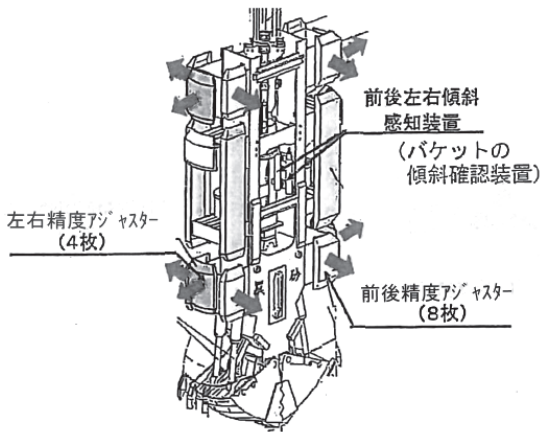


図-11 掘削精度管理装置 (バケット)

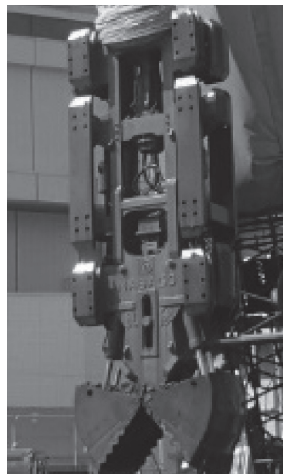


図-12 掘削精度管理装置 (写真)

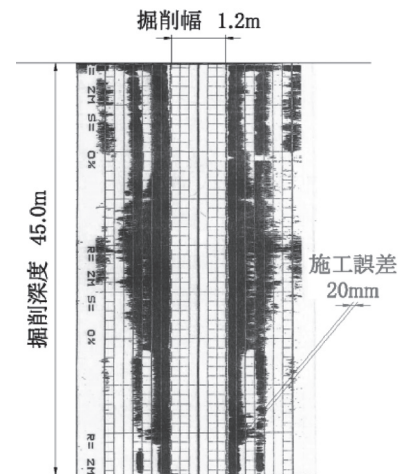


図-13 超音波測定結果 (例)

### ③ 漏水対策

本体利用である連壁の周辺地下水は塩分濃度が高く、塩害によるコンクリート構造物の早期劣化が懸念されるため漏水対策が重要となる。特に先行エレメントと後行エレメントの継手部

分が弱点となる。

そこで、継手部の止水性を確保するために、継手洗浄機を使ってブラシ洗浄とジェット洗浄を併用しながら2回洗浄し仕切り板や配力筋の付着物を除去した。(図-14~16)

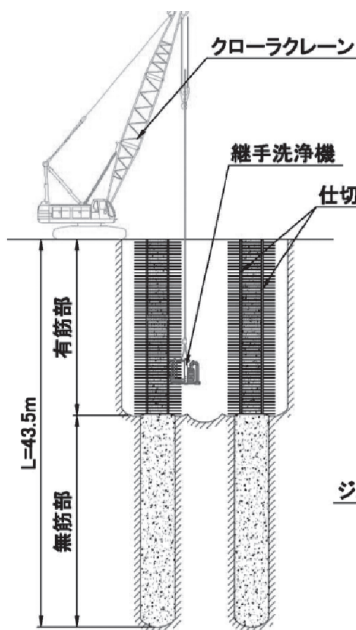


図-14 施工状況図

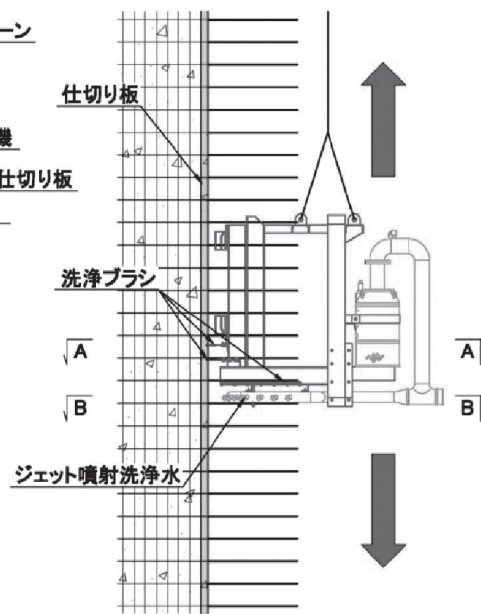


図-15 継手洗浄状況図

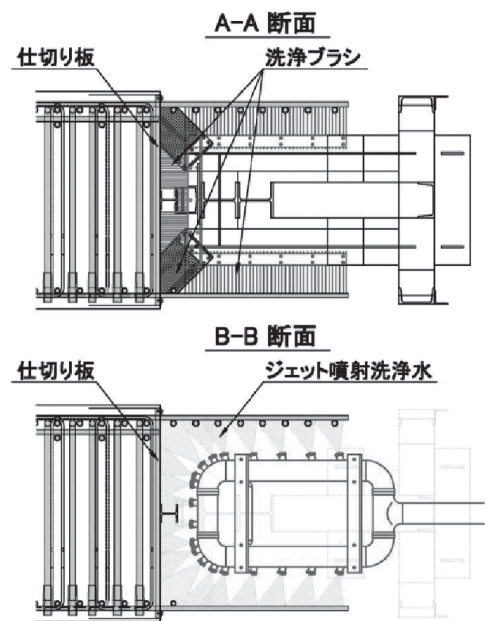


図-16 継手洗浄機詳細平面図

また、継手部（仕切り板）に注入ホースを事前に仕込んでおくことで、漏水が生じた箇所に

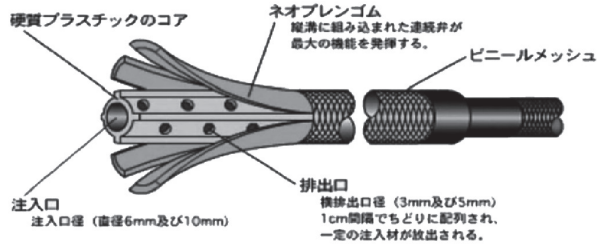


図-17 注入ホース詳細 (シンエイマスターHPより転載)

対して効果的に止水注入できるようにした。(図-17、18)

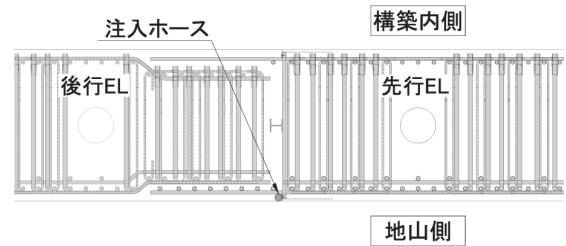


図-18 注入ホース取付位置図

### 3 構築下地盤改良

#### (1) 構築下地盤改良の概要

土留め掘削時における先行地中梁、掘削底面の安定及び本設時の沈下対策を目的として、既

設構築下の地盤改良を行う。(図-19、20)

改良体は厚さ2.0m、線路縦断方向に50%改良とした。

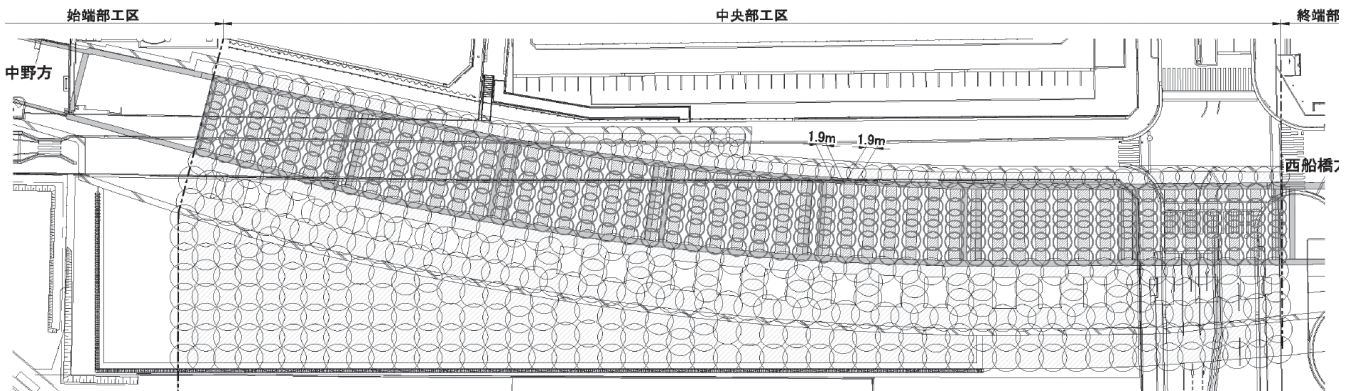


図-19 構築下地盤改良平面図

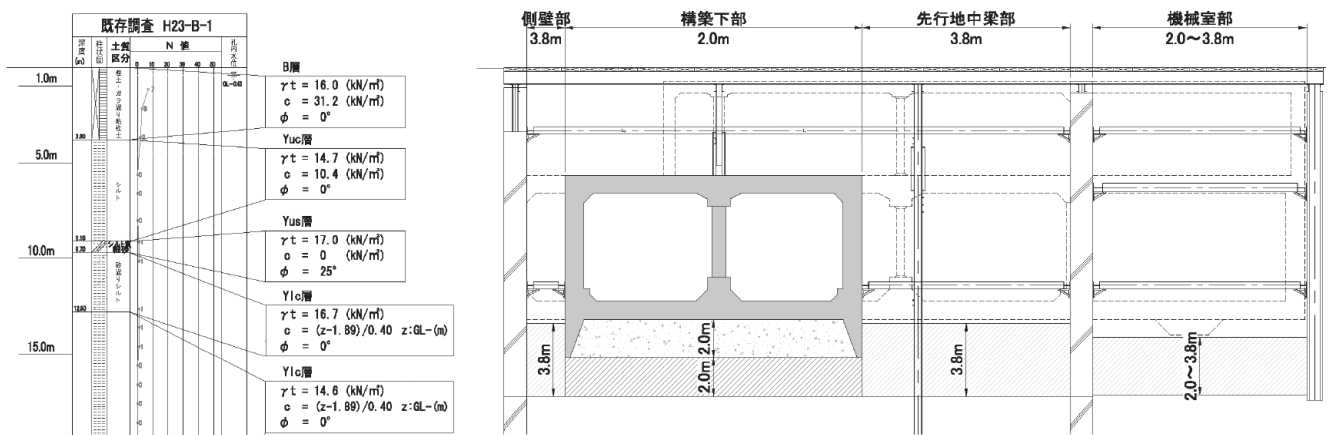


図-20 構築下地盤改良横断面図

## (2) 構築下地盤改良の施工手順

1. 準備工：立坑築造、仮囲い設置    2. バラスト止め、コア削孔    3. 地盤改良

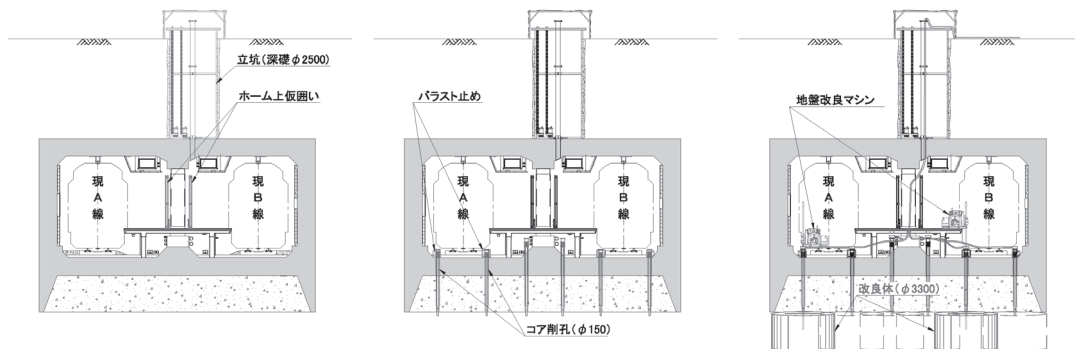
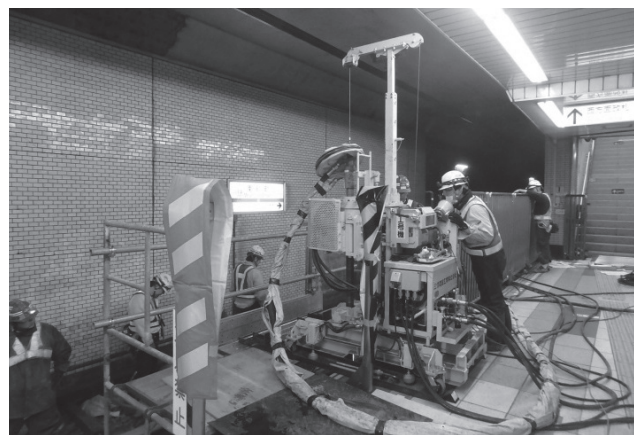


図-21 構築下地盤改良施工手順



軌道内作業状況



ホーム上作業状況

図-22 構築下地盤改良施工状況写真

## (3) 地盤改良のポイント

### ① 施工方法の見直し

当初計画では覆工上にボーリングマシンを設置し、既設躯体の上床版及び下床版を貫通して構築下の地盤改良を施工する予定であった。(図-23)

しかしこの方法では、地盤改良の排泥の閉塞

が発生した場合に、既設躯体に対して上向きの力が作用し、既設躯体が隆起することが考えられた。そこで土塊重量を残し、既設躯体の隆起の危険性を低減できるように駅構内から施工する方法へ変更した。(図-24) またこれにより駅構内と地上部を平行して施工できるため工程も短縮できた。

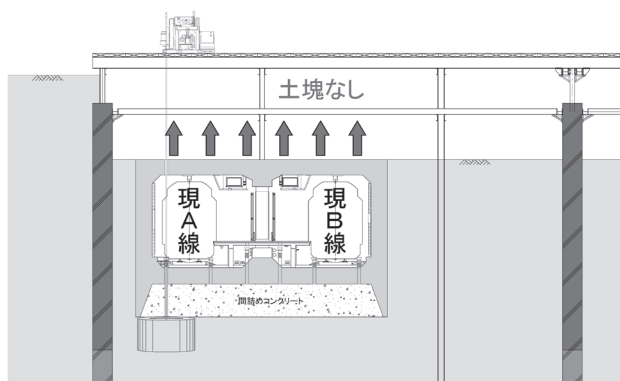


図-23 当初計画 (路面覆工上より施工)

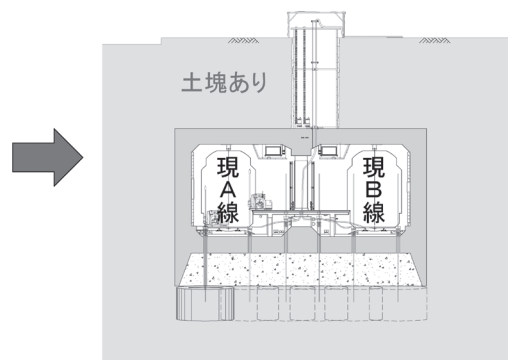


図-24 改良計画 (軌道内より施工)



## ② 既設躯体の隆起対策

現地盤は粘性が高く地盤改良による排泥が口元管部分等に詰まりやすく、閉塞した場合に既

設躯体が隆起して軌道に狂いが生じる可能性がある。そこで以下の対策を行った。(図-25)

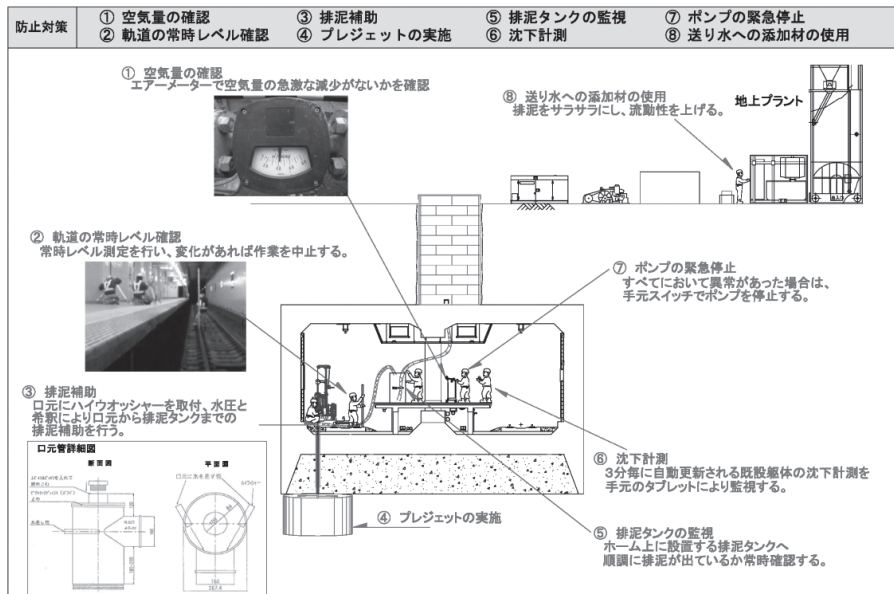


図-25 既設躯体の隆起対策

## ③ サイクルタイム管理

軌道内の作業となるため、施工時間は終車後の1:10~4:15に制約される。このため準備・片付け作業時間の短縮が重要であり、特に地盤

改良マシンの軌道内搬入・搬出等の試験施工及び練習を入念に行った。また本作業の最遅終了時刻を定め厳守して施工を行った。(図-26)

施工タイムサイクル	24時		1時		2時		3時		4時		
	40	50	00	10	20	30	40	50	00	10	
クリティカルタイム									3:05 達成完了限界 (軌道測定開始限界)		4:15 線閉作業 解除限界
作業時間			12:40 駅構内入場	1:10 発電停止確認、線閉作業開始							4:00 線閉作業解除
P袋撤去・復旧			スコップ・タンバ等段取りP袋撤去					P袋復旧			
レベル測定・軌道検測			測量準備	事前測量			レベル測定	軌道検測、ホーム限界測定			
地盤改良工			ホーム上層機材移動段取り								
			機械・機材段取り								
				フレジット			造成				
				2m×8分/m=16分 16分+4分(ロッド継足) =20分			2m×15分/m=30分 30分+10分(ロッド継足) =40分	ロッドモーター引掛	機械・機材撤去	片付、軌道内点検	ホーム上撤去 ホーム上点検

図-26 施工サイクルタイム

# 4 おわりに

鉄道工事は営業線の列車を安全に走らせながら工事を進める必要があるため、作業時間や作業スペースの制約が厳しい。東西線南砂町駅改良工事はこれに加えて軟弱地盤との戦いであり、非常に難易度の高い工事である。そのため、既設躯体へ影響を与えないよう綿密に施工計画を立て慎重に

作業を進めている。

連壁工事は平成27年3月末より開始し、平成28年10月完了予定である。また地盤改良工事は平成28年1月中旬から施工を開始し、同年9月完了の予定である。



## 現場見学会レポート



### ◆利用者の安全・安心に配慮し、 確実に地下鉄工事を進める

当会は2月25日(木)に東西線南砂町駅中央部工区改良土木工事の現場見学会を開催し、28名の方が参加されました。東西線は東京と千葉県北西部を東西に結ぶ地下鉄です。ベッドタウンである葛西駅や浦安駅から大手町駅などの都心部へ向かう乗客が多く、混雑率の高さが問題となっていました。そこで、東京地下鉄株式会社(東京メトロ)は東西線の混雑緩和とラッシュ時の遅延解消に向けて、駅の改良工事を計画。茅場町、門前仲町、木場、東陽町、南砂町の5つの駅が改良の対象となりました。なかでも今回見学した南砂町は大規模な改良工事が行われます。南砂町駅周辺は近年開発が進み、1日の乗降客数が1.5倍へと増えました。その解消のために、現在島式ホーム1面2線となっている線路に島式ホーム1面1線を増やし、2面3線の駅へと改築する工事が進行中です。この改築により、大手町駅方面へ向かう電車が2線を使って同じホームから交互に発着できるようになります。また、線路が2本あることで、先行電車が停車中に後続の電車が線路に入ることができ、停車時間を長く確保できます。

西青木現場代理人による概要説明が終わり、いよいよ現場見学へ。工事が進められている地上の現場内に入ると、土留めを行う地中連続壁を構築するために、地下43.5mの深さまで土を掘るMHL掘削機が稼働していました。地盤が軟らかいことを考慮し、MHL掘削機を採用したとのことでした。

た。高さ20m以上もあるMHL掘削機が稼働する様子はダイナミックで、地下鉄工事の規模の大きさを実感します。次に地中連続壁が設置されるすぐ側まで移動します。こちらも地中連続壁の施工に向け、鉄筋が組まれていました。

地上部分の見学を終え、現場事務所へと戻り、質疑応答へ。運行している電車の工事であるため、「通行人への配慮は？」といった質問に、「警備員を多く配置し、安全に配慮しています。また、職員や作業員、警備員にも挨拶を徹底し、安心してもらうためのコミュニケーションを取るよう指導しています。」という答えが返ってきました。

改良工事のメインである地下部分は、電車の運行が終了している時間帯でしか進められていないため見学できませんでした。それでも、運行する電車を止めることなく、利用者の安全を第一に考え慎重に工事を進めていることに尽力している現場の様子が分かる見学会となりました。

