

# 東京メトロ半蔵門線渋谷駅のアンダーピニング

東日本支社 土木部 岡部真一郎

## 1. はじめに

開削工法にて施工する東京メトロ副都心線渋谷駅が、現在供用中の東京メトロ半蔵門線渋谷駅と直交するため、交差区間28mを下受ばり方式によるアンダーピニングを行った。半蔵門線下部が上総層群軟岩（通称：土丹  $q_u=2,000\text{kN/m}^2$ ）である好条件を生かし、仮受け杭を中心に合理的な施工を行ったので施工実績を報告する。

## 2. 工事概要

### 2.1 施工地盤条件

当施工範囲は、過圧密の関東ローム層および東京層群（互層）と比較的強固な地層で構成され、GL-12m以下から支持杭根入れ深度までは、非常に自立性の高い土丹の単層となっている。地質縦断面図を図-1に示す。

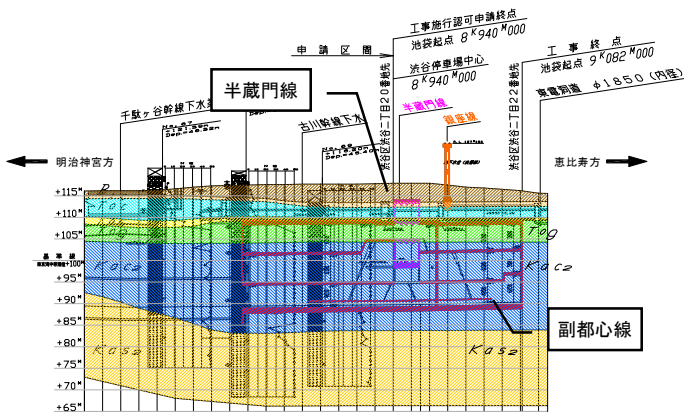


図-1 地質縦断面図

この地盤条件に対し、半蔵門線構築下端はGL-20mに位置し、土丹層を基礎地盤とした直接基礎形式となっている。

### 2.2 アンダーピニング対象物

半蔵門線渋谷駅は、深さ15m（土被り5m）の地下3階RC直接基礎構造で幅が28mと大きく、交差する36m分の総重量は240,000kN（土被り荷重を含む）である。形状を図-2に示す。

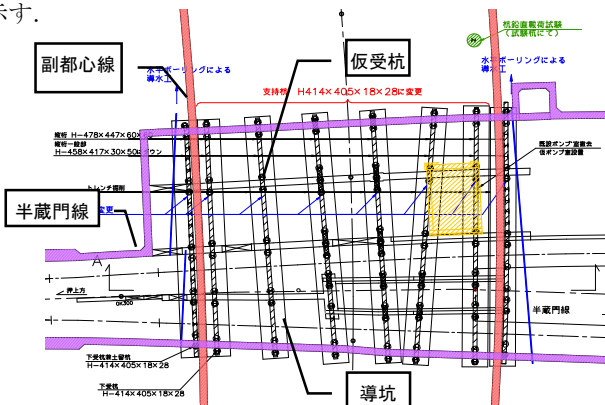


図-2 アンダーピニング平面図

## 2.3 アンダーピニング施工数量

アンダーピニング施工数量を表-1に示す。

表-1 アンダーピニング施工数量

工種	項目	数量	単位
導坑掘削	掘削土量	2,690	m <sup>3</sup>
	支保工	145	t
切り広げ掘削	掘削土量	1,710	m <sup>3</sup>
	路下BH杭	H414×405(φ700)	911
下受梁架設・撤去	H400×400(φ650)	482	m
	H458×417	104	t
プレロード	プレロード回数	8	回
	フラットジャッキ	236	個
載荷試験	鉛直載荷試験	1	式

## 3. 施工方法

### 3.1 導坑掘削工

東京メトロ半蔵門線への影響を抑えるため、導坑がBH杭の施工に必要な最小寸法（幅3m×高さ4m）であったため、掘削にベルトコンベヤー内蔵型電動掘削機を採用した。施工効率だけでなく、狭隘な箇所での巻き込まれ防止や排ガスの解消など、安全環境面も向上した。

### 3.2 仮受け杭打設工

1本あたりの荷重が4,000kN程度となるように半蔵門線構築の桁ラインに沿って配置した杭は、プレロードがストローク25mmのフラットジャッキにて設計されていたため、沈下量を10mm程度に抑えることが必要であった。BH工法は底部にスライムが溜り易く孔壁にベントナイトが付着し、支持杭には適さない工法と言われているが、今回は削孔対象地盤が自立性の高い単一土丹層であるという好条件を生かし、合理的な改良BHを考案した。支持力確保の対策を図-3に示す。

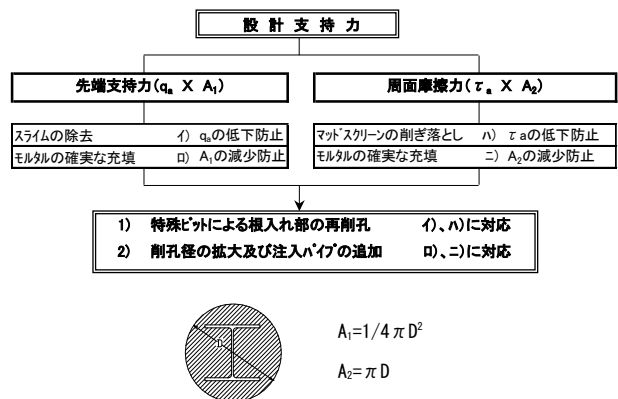


図-3 設計支持力確保のメカニズムと対策

### 3.2.1 特殊ビットによる根入れ部分の再削孔

一般的なBH杭の削孔ビットは削孔精度確保のために細長く、先端部に余掘り部分が発生する（図-4参照）。当該箇所は削孔長が短く単一土丹層であることから、次の手順にて

削孔を行なった。①短いウィングビットにて、著しく濃度の低い泥水により一次削孔を行う。②特殊ビットにて清水で先細り部分を削り、高速回転で再削孔を行うことにより根入れ部分のマッドスクリーンおよびスライムを除去する。

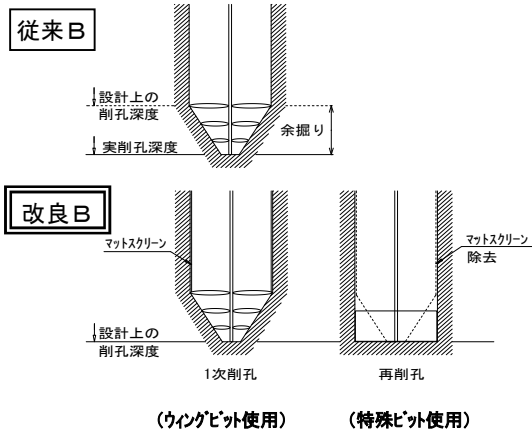


図-4 改良BH削孔方法

### 3.2.2 注入パイプの追加および削孔径の拡大

削孔断面と杭芯が偏芯した場合に根固めモルタル欠損部が発生する懸念があるため、次の2つの対策を講じた。①通常1本のモルタル注入パイプを、ウェブ両側に1本ずつの計2本配置する。②杭材から決まる通常の削孔径を50mm大きくし、モルタルの充填効率を向上させる。

### 3.3 縦桁架設

トッププレートによる杭頭処理後、下方に盛替えた導枠上梁にローラーコンベアーを設置し、導坑坑口に架設した電動ウィンチにて縦桁H458×417×30×50を隣接桁と添接プレートで固定しながら引き込んだ。

### 3.4 プレロード工

杭反力に応じて設置したフラットジャッキ用いて、水および樹脂の圧力によりジャッキアップすることでプレロードを行なった。施工状況を写真-1に示す。



写真-1 プレロード施工状況

プレロード時の計測管理項目として、①半蔵門線下受杭の鉛直変位、②半蔵門線下床版の鉛直変位および③半蔵門線構内(軌道階)の鉛直変位を測定した。①、②の計測器配置を図-5に示す。作業は①にて加圧状況を確認し、②の変位量にて放置時間を延長する等、加圧ステップを細分化した。③

は最終的な管理基準であり、発注者との協議により一次管理値を3.5mm内とした。

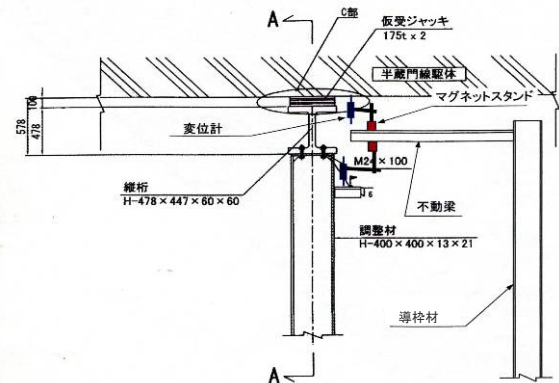


図-5 導枠内計測器図

## 4. 施工実績

### 4.1 プレロードによる杭及び半蔵門線構築挙動

ジャッキストローク25mmに対して、沈下量が20mmを越えた杭が存在する杭群は、全45組中3組であった。半蔵門線構築はプレロードにより、軌道内レベルにて最大1.0mm上昇し、下床版下面における隆起量は最大1.5mmであった。

### 4.2 床付け掘削完了までの半蔵門線構築の挙動

隣接導坑のプレロードにより、軌道内レベルにて±0.3mm程度の変位が生じた。切り広げ掘削完了後、更に6mの掘削を行なったが、一次管理値に収まる範囲で13号線下床版の床付掘削を完了することができた。なお、杭のひずみ計から算出される杭軸力は、最大4,160kNであり、縦桁補強工事などの追加措置を行う必要はなかった。

## 5. アンダーピニング考察

半蔵門線軌道内の変位を一次管理値±3.5mm内に収めることができ、本工事における仮受け工は、計画どおり成功したものと考える。

## 6. むすび

今回は、各種の好条件に恵まれたため、従来工法よりも合理的な(簡素な)方法にて、要求品質を十分満たす仮受け杭の施工が可能となり、良好なアンダーピニングが実現できた。

今後、大深度地下の利用に伴って固結度が高い地盤を対象とすることが増加すると思われるが、施工環境を十分に分析し、従来工法の単純な足し合わせを避けることで、より合理的な施工を実現できればと考える。

**Key Words:** アンダーピニング, プレロード, フラットジャッキ, 場所打ち杭



岡部真一郎