

営業線の地下鉄トンネルへの新駅設置に伴うアンダーピニング工法の適用 ～日比谷線虎ノ門ヒルズ駅設置工事～

東京地下鉄株式会社 正会員 ○五十嵐翔太 中田隆一

1. はじめに

東京地下鉄株式会社では、日比谷線霞ヶ関駅～神谷町駅間において、周辺の再開発事業と一体となって整備する虎ノ門ヒルズ駅（以下、「新駅」とする。）を、2020 東京オリンピック・パラリンピックまでに暫定供用開始すべく工事を進め、2020 年 6 月 6 日に開業した。新駅は最小土被りが 2.4m と浅いため、営業線躯体下にコンコース階（B2 階）を新設する重層構造を採用している。また、工程短縮を図るため地下 1 階の中床板を先行施工し、躯体を順巻き工法で施工し、構築完了次第、既設日比谷線側壁を撤去し相対式ホームを設置すると同時に、コンコース階躯体を逆巻き工法により施工するという重層施工を採用している。本稿ではコンコース階の築造に伴う、既設日比谷線躯体のアンダーピニング工法の施工について報告する。

2. アンダーピニング施工概要

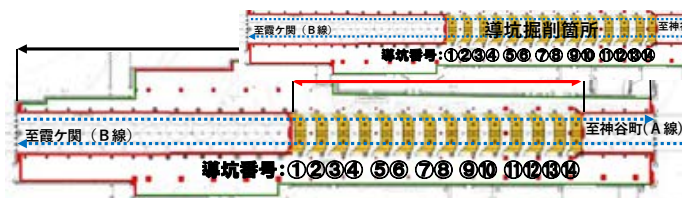


図-1 アンダーピニング施工範囲

1) 施工範囲

新駅設置区間約 147m（線路縦断方向）のうち、アンダーピニング施工範囲は約 70m とした（図-1）。

2) 施工ステップ

アンダーピニング工法の施工ステップを図-2 に示す。

2-1) 日比谷線躯体下補強

既設日比谷線の側壁および中床下部（掘削部以外）の剛性確保を目的に、セメント系地盤改良（既設下床下面より改良長 9.3m）を施工した。

2-2) 導坑掘削

日比谷線躯体直下に、新設躯体側から線路横断方

向に 3.8m×2.7m の断面で掘削を行い、計 14 導坑を設置する。なお、土留めは、鋼製導坑枠と木製横矢板にて実施した。

2-3) 下受杭打設

導坑掘削完了後、導坑内にてアンダーピニング用の下受杭を BH 工法により打設する。1 つの受桁（H-458×417×30×50）に対して 4 本の下受杭（H-300 または、H-400・H 414、L-10.5～14.0m）で支持し、全体として 56 本で支持した。

2-4) 仮受け

既設躯体は、一断面あたり 5 箇所のジャッキ（メイン：3 基、サブ：2 基）で下受けする（写真-1）。なお、メインジャッキは、既設構造物の側壁、中柱の軸線上に設置した。

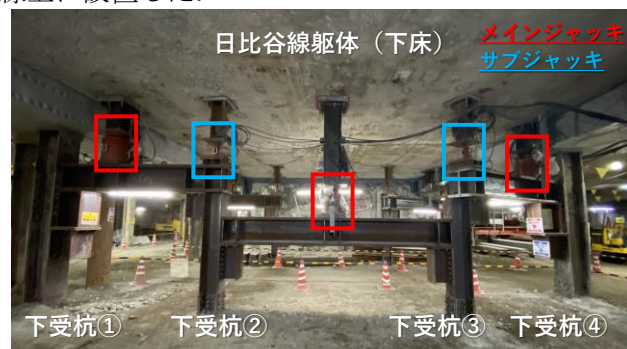


写真-1 仮受状況

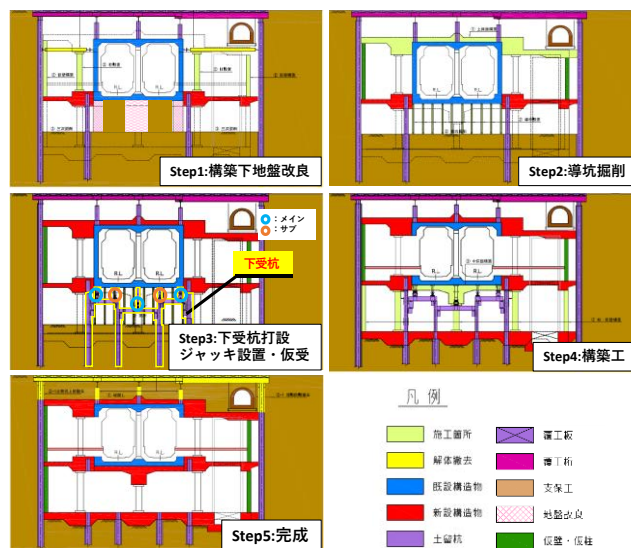


図-2 アンダーピニング工法の施工ステップ

キーワード：日比谷線，虎ノ門ヒルズ駅，重層施工，下受け，導坑掘削，アンダーピニング，
連絡先：〒160-0004 東京都新宿区四谷 3-12-5 東京地下鉄(株)改良建設部第二工事事務所 Tel:03-3226-2706

3. 計測管理

営業線躯体直下の施工においては、異常時の初期対応が重要であるため、表-1 に示す 4 つの管理システムで軌道・躯体変位を 24 時間監視し、それぞれに設けた管理値を基準として、施工中に適切な判断ができるよう計測管理を行った。なお軌道変位は全長 180m の範囲を 5m ピッチで計測した。

表-1 計測内容一覧

計測項目	計測内容
a 軌道変位	レールに二次元連結変位計を設置し計測
b ジャッキ荷重	ジャッキの油圧をデジタル値に変換し計測
c 絶対変位	土留壁（不動点）よりピアノ線を引き既設躯体の鉛直方向を計測
d 相対変位	ダイヤルゲージ変位計による杭の下部受桁と既設躯体下床のストロークを計測

* dからcを減じるにより杭の沈下量が算出可能

4. 先行载荷試験概要

杭の支持力確認および先行沈下を目的とし、試験プレロードは初期荷重 20%から導入し、20%ずつ段階的に増加していく方法とした。また、営業線列車支障を防ぐために载荷試験は夜間時間に実施し、導入荷重 80%以降は終列車後～始発間で行った。図-3 に試験プレロード载荷ステップ図を示す。なお、営業線躯体への影響を考え、伝達する活荷重（路上交通や列車等）は考慮せずに死荷重のみを想定して試験を実施した。

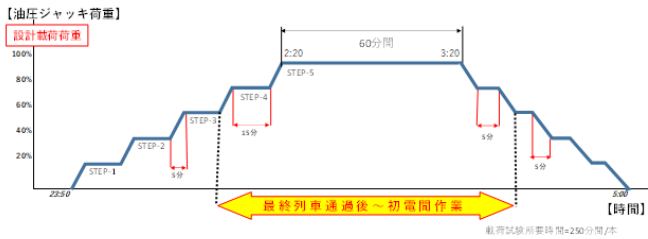


図-3 先行载荷試験ステップ

また、本工事では重層施工を採用したため、下受杭に伝達する死荷重が B1 階施工進捗に応じて変動する。死荷重以上で载荷すると、ジャッキを介して反力体である営業線躯体に影響を及ぼすため、適切な設計载荷重条件の設定が必要である。このため施工中の死荷重条件すべてを満たした 12 通りの設計载荷荷重条件モデルを作成し、荷重管理を行った（表-2）。

表-2 設計载荷荷重条件表

【杭反力ケース（活荷重未考慮）】							
ケース	導坑掘削	ホーム荷重	A線上床構築（新設）	AC側壁構築（既設）	C線上床構築（新設）	BC側壁構築（既設）	B線上床構築（新設）
①	無	無	無	有	無	有	無
②	無	無	有	有	無	有	有
③	無	無	有	有	有	有	有
④	無	無	有	無	無	無	有
⑤	無	無	有	無	有	無	有
⑥	無	有	有	無	有	無	有
⑦	有	無	無	有	無	有	有
⑧	有	無	有	有	無	有	有
⑨	有	無	有	有	有	有	有
⑩	有	無	有	無	無	無	有
⑪	有	無	有	無	有	無	有
⑫	有	有	有	無	有	無	有

5. 施工実績

試験時、仮受時における杭の沈下量の最大値、最小値、平均値を表-3 に示す。先行载荷試験時は図-1 の導坑番号⑦において、最大値 141.0mm 沈下した杭があったが、その後の仮受時で沈下は見られなかった。仮受時の沈下量は同箇所において最大で 19.0mm となり、杭全数を通じては、先行载荷試験時の平均沈下量が 20mm に対し、仮受時の平均沈下量は 2.4mm であった。仮受時沈下量許容値の基準としていたジャッキストローク内（最大伸び長 80mm）に収まった。また、図-4 にアンダーピニング施工開始時から現在に至るまでの軌道変位計測結果を示す（計測結果箇所は導坑番号⑩付近）。計測結果は、管理基準値の超過なく、日比谷線躯体におけるクラック等の変状等も確認されていないことから、安全に営業線を運行することが出来ている。

表-3 先行载荷試験・仮受時における杭の沈下量

	最小沈下量	最大沈下量	平均沈下量
試験時沈下量	0.0mm	141.0mm	20.0mm
仮受時沈下量	0.0mm	19.0mm	2.4mm

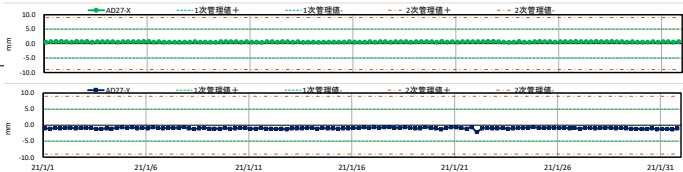


図-4 軌道変位計測結果（2021 年 1 月）

6. まとめ

本工事では営業中の地下鉄トンネルにおけるアンダーピニング工法の採用について、先行载荷試験時の適切な荷重設定を行うことにより、既設構造物（反力躯体）に影響を及ぼすことなく、施工することができた。

本稿がアンダーピニング工法の施工の一助になれば幸いである。