

都市部小断面 NATM による地下鉄アンダーピニング用導坑施工実績

鹿島建設(株) 正会員 矢野孝司 ○小野塚大輔 小林直広
横浜市交通局 池田祐介 高田剛史

1. 目的

相鉄・東急直通線新横浜駅地下鉄交差部土木工事は、直通線早期開業に向けた工程短縮が求められた。そこで鹿島 JV にて検討を行い、当初工程に対して 20.5 ヶ月の大幅な工程短縮案を提示し採用された。本報文では、この工程短縮のため施工した、アンダーピニング用導坑を主要駅前において都市部小断面 NATM で施工した設計・施工の実績を報告する。

2. 工程短縮概要

通常のアンダーピニングは開削掘削にて支持すべき既設構造部下部まで掘削を進め、その後構造物下部にメッセル工法等により導坑を構築した後、アンダーピニングを施工する。本工事は開削掘削に非常に時間を要するため、その工事期間中に別途アンダーピニングを施工するための導坑を並行して構築することとした。概要図を図-1 に示す。

3. 地盤条件

導坑掘削部の地盤は、第4紀更新世上総層群の砂層・火山灰・泥岩が互層をなしており、砂層のN値が150、泥岩の一軸圧縮強度は 3N/mm^2 となっている。また、切羽は泥岩が主体であり比較的安定しているが、天端付近は砂層と泥岩の互層であり脆弱であること、支保工脚部は砂層で均等係数が2.0程度と小さく、地下水は被圧下(水頭16.8m)であることも確認されたことから流砂現象を招く恐れがあり、導坑天端および支保工脚部の地山安定が懸念される。

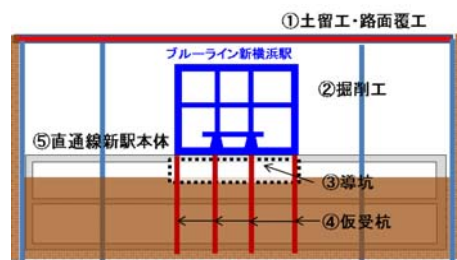
4. 導坑概要

アンダーピニング用導坑の構造は、導坑に先だって構築する発進立坑と3種に分類した導坑からなる。図-2 に導坑平面図を、図-3 に各導坑の断面図を示す。立坑連絡導坑断面は導坑掘削中の重機の離合、仮受支持杭施工時の機械入れ替え等を考慮し、幅5.2m、高さ5.5mと設定した。アクセス導坑および地下鉄躯体下導坑は、仮受支持杭施工のため国内で最も小さいTBH機が施工可能な断面を設定した。各導坑支保工にはインバートストラットを設け、切羽位置で断面を閉合することにより支保工沈下対策を講じる構造とした。

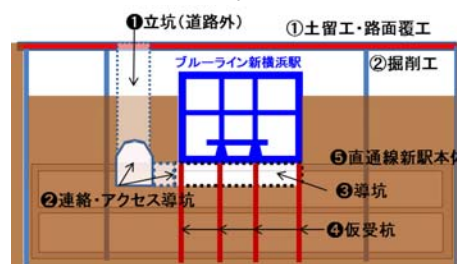
5. 施工上の課題

施工上の主な課題は下記2点が挙げられる。

① トンネル仮設ヤードとして利用可能な用地は導坑内、立坑下、そして地上であるが、導坑掘削断面は必要最小限であり、地上ヤードも 450m^2 と非常に狭隘な施工条件下である。



[開削後のアンダーピニング]



[開削と並行してのアンダーピニング]

図-1 工程短縮の概要図

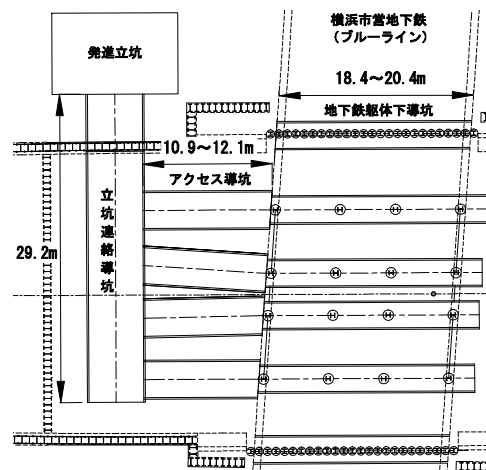


図-2 アンダーピニング用導坑平面図

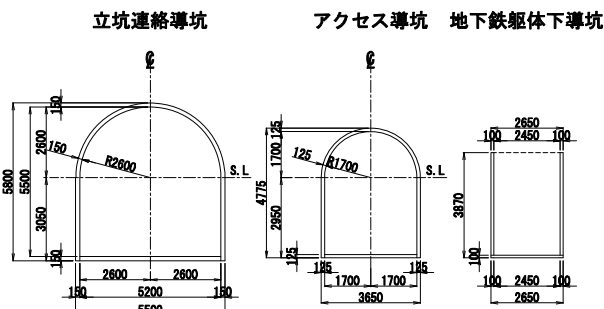


図-3 各導坑断面図

キーワード： 都市部山岳トンネル, NATM, アンダーピニング, 脚部補強工, PF モルタル, 狭隘断面

連絡先 〒222-0033 神奈川県横浜市港北区新横浜 2-5-14 鹿島建設(株)横浜支店 新横浜駅地下鉄交差部 JV 工事事務所

TEL045-476-0875 FAX045-472-1250

② 主要幹線道路交差点直下での導坑掘削となるため、地表面沈下を防止するとともに、営業中の地下鉄躯体直下での掘削も存在するため、導坑掘削時の周辺地山の緩みを極力抑制する必要がある。

6. 施工実績

導坑支保設計では、地下水の引込みリスクを低減するため、ロックボルトの省略を図り、その分の支保内圧を鋼製支保工に転換した。さらに、導坑間の離隔が小さく相互干渉が発生する可能性があることなど、支保工発生応力も複雑に変化することが予測されたため、リスク回避策として鋼製支保工をランクアップして設定し、情報化施工により支保工の合理化を図ることとした。

鋼製支保工：(鉄道単線トンネル I_{NP} 相当) H100 → H125～H150

吹付けコンクリート厚：100～150mm

(1) PF (プレミックスファイバー) モルタルによる吹付け

吹付けコンクリートについては、用地の問題、騒音・振動の規制からバッチャープラント設置ができないこと、市中プラントでは吹付け用骨材のストックが困難なこと、夜間のデリバリー対応に問題があった。そこで、狭隘な施工環境下でも現場練りが適宜可能で、施工性に優れたM-PACシステムによるPFモルタルを導坑全線に渡って採用した。図-4に吹付け状況を示す。

(2) FIT 工法による支保工脚部の地山安定対策

当初設計では、アクセス導坑と地下鉄躯体下導坑施工エリアに止水および流砂現象防止などを目的とした水平薬液注入工を計画していた。しかし、鋼製地中連続壁の工事進捗が早まり、難透水性の遮水壁が既に構築されていること、遮水壁内の地下水位低下状況が良好なこと、薬液注入による地下鉄躯体に与える影響が懸念されたことから、計画の見直しを行った。代替案として、止水性は不要と判断し、切羽前方の支保工脚部に対して地山改良が可能な FIT 工法（注入材：無発泡シリカレジン）を採用した。代表的な補強断面を図-5に、縦断面図を図-6にそれぞれ示す。

(3) トンネル内空変位の実績

地山安定・支保工妥当性検証のためA計測とB計測を実施し、A計測は一般的な計測ピッチ 10m から、監視強化として 5m で計測した。各導坑とも概ね 2D（Dは図-3の掘削幅）程度の切羽離れで変位が収束傾向を示し、塑性変形的な挙動は確認されなかった。沈下については当初設計での予測解析値より小さい値に収まっており、各種沈下対策の効果が発揮されたと推察できる。図-7に代表的な計測結果を示す。

7. まとめ

今回、主要幹線道路の駅前交差点直下、かつ営業中の地下鉄躯体直下という非常に厳しい施工条件下での導坑掘削を、施工方法・支保・補助工法の検討段階から発注者である横浜市交通局と協議を行うことで、適切に選定することができ、結果としてトラブルなく施工を完遂することができた。



図-4 吹付け状況

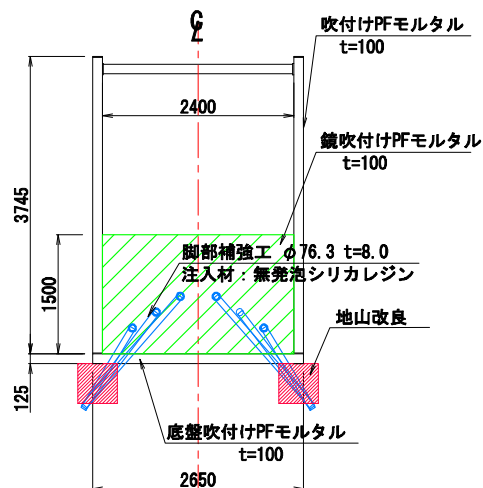


図-5 脚部補強の断面図

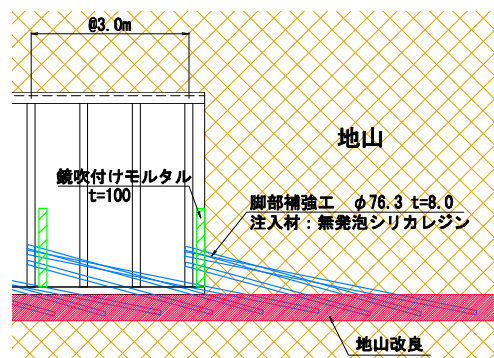


図-6 脚部補強の縦断面図

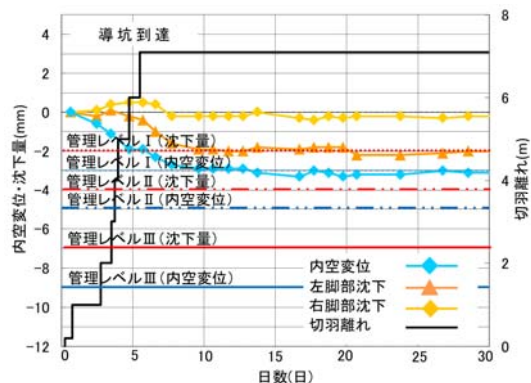


図-7 A計測結果(地下鉄躯体下導坑)