

東京メトロ有楽町線・副都心線 小竹向原駅～千川駅間連絡線設置計画

鈴木 章悦¹・藤沼 愛²・西川 祐²

¹東京地下鉄株式会社 鉄道本部 改良建設部（〒110-8614 東京都台東区東上野3-19-6）

²正会員 東京地下鉄株式会社 鉄道本部 改良建設部（〒110-8614 東京都台東区東上野3-19-6）

E-mail:t.nishikawa@tokyometro.jp

東京メトロ有楽町線・副都心線は，始点方の和光市駅，練馬駅の各方面と，終点方の有楽町線新木場駅，副都心線渋谷駅の各方面を結ぶ4つの運行経路がある．この4つの運行経路を可能とする線路を小竹向原駅・千川駅間に配線している．

平成20年6月の副都心線開業を契機に，小竹向原駅・千川駅間で配線されている鉄道線路交差部が起因となり，遅延等の問題が顕在化した．平成24年度には副都心線が渋谷駅で東急東横線と，さらに同線を経てみなとみらい線と相互直通運転を行う予定である．このため安定輸送確保を目的とした対策を検討した結果，鉄道線路交差を解消する新たな配線を計画した．

本稿は小竹向原駅・千川駅間に新たに配線する連絡線の設置計画について，計画から設計方針決定までの経緯を述べるものである．

Key Words : city planning decision , at-grade intersection , improvement of track , track expansion , deformed shield

1. はじめに

東京メトロでは現在，9路線179駅195.1キロの総延長を有した鉄道路線を営業している．このうち，有楽町線は和光市駅～新木場駅間を営業路線としている．平成20年6月に東京メトロ9番目の路線である副都心線が開業し，

和光市駅～渋谷駅間は副都心線として営業している．

また，和光市駅では東武東上線，小竹向原駅では西武池袋線・有楽町線と相互直通運転を行っている．平成24年度には副都心線が渋谷駅で東急東横線と，さらに同線を経てみなとみらい線と相互直通運転を行う予定である．

相互直通運転によるネットワークの拡大は目的地へ乗換なしで到達可能となり，サービスおよび路線価値の向上が可能となる．またその一方で遅延時間の拡大や異常時の輸送障害の影響が長時間にわたり他社線まで影響するなどの事態を招くことがある．

東京メトロでは，有楽町線・副都心線の安定輸送確保を目的とした対策を検討した結果，小竹向原駅～千川駅間で発生している有楽町線と副都心線の鉄道線路交差（以下，「平面交差」とする）を解消する新たな配線を計画した．図-1はその概要を示したものである．

本文は，新たに配線する有楽町線の連絡線の設置計画について，計画から工事発注までの経緯を述べるものである．

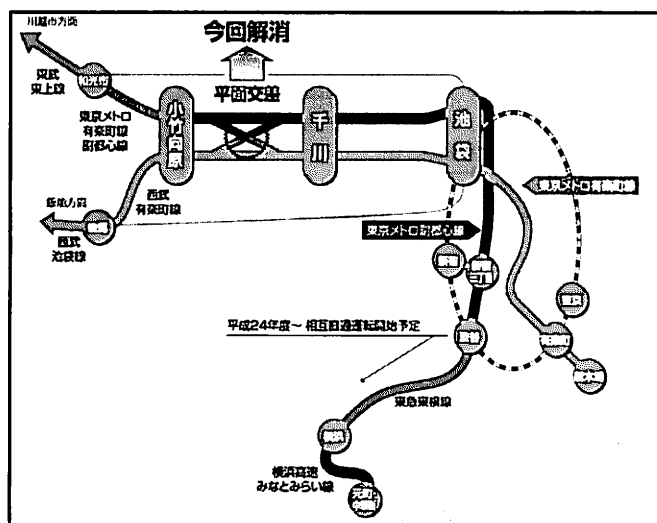


図-1 有楽町線・副都心線路線概要図

2. 計画概要

表-1は有楽町線・副都心線の4つの運行経路を示したものである。図-2は平面交差部の現状及び計画を示したものである。

表-1に示す4つの運行経路のうち、経路②と経路③が平面交差している。この平面交差部において、経路②と経路③の列車間隔が密になると、先行の列車が通過する際に、後続の列車はその手前で通過待ちのため、一旦停車をしなければならない状態が発生し、遅延が生じている。

こうした平面交差部の問題は、有楽町線の開業当初から顕在化していたものではない。有楽町線は開業当初、練馬方面から新木場方面をメインの路線として計画され、副都心線は和光市方面から渋谷方面として計画された。その後沿線や都市の発展に伴う利用者の需要増加に対応するため、和光市方面から新木場方面への運行本数をその時代に応じて増発してきた。加えて、副都心線の開業により複雑化した運行形態となったため、遅延が発生すると運行の混乱が長時間・広範囲に波及してしまうこととなった。

この解決策として、以下に挙げる3案等が考えられた。

a)和光市方→有楽町線乗入れ本数および練馬方→副都心線乗入れ本数の低減による平面交差本数の削減

b)小竹向原駅の手前（和光市駅側）で有楽町線専用の連絡線を両側に新設

c)小竹向原駅～千川駅間において有楽町線専用の連絡線を両側に新設

この3案のうちa)については、行き先本数に偏りが発生し、サービスの低下や混雑率の急増が考えられた。有楽町線、副都心線ともに現状の輸送力を確保する必要があることから、対策案としては不採用となった。b)については、既設の縦断線形・平面線形の関係から小竹向原駅を大規模に改良する必要があることや連絡線の占用位置に新たに用地買収が発生することとなり、膨大なコストと時間がかかることが想定された。一方、c)については、既設の駅間トンネルの改良範囲が最小限となることや現状の道路幅員内で新設構造物が収まることから、c)を採用することとなった。

また、和光市方面から都心方面に向かう経路（以下「A線」とする）と都心方面から和光市方面に向かう経路（以下「B線」とする）について、A線およびB線を同時に整備することを検討したが、地上の道路形態や作業帯との関係等を考慮した結果、平成24年度に予定されている東急東横線との相互直通運転時に向けて、A線を先行して整備することとし、計画した。

表-1 運行経路と平面交差

No.	始 点 方	終 点 方	平面交差
①	練馬駅方面 (西武池袋線直通)	新木場駅 (有楽町線)	なし
②		渋谷駅 (副都心線)	あり
③	和光市駅方面 (東武東上線直通)	新木場駅 (有楽町線)	あり
④		渋谷駅 (副都心線)	なし

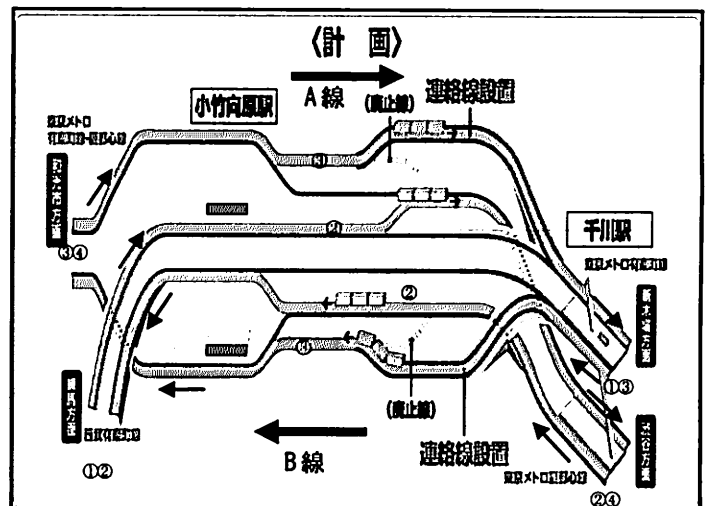
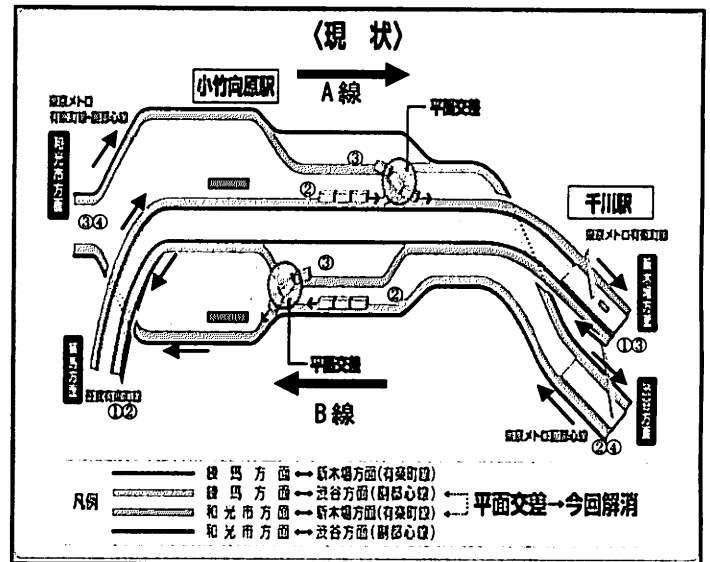


図-2 計画概要

3. 行政手続き

有楽町線は東京都都市高速鉄道第8号線として位置付けられており、今回新たに設置する連絡線は既存の都市計画範囲外に計画したことから、都市計画変更手続きが必

要となった。図-3はその流れを示したものである。

平成21年8月に東京都に変更手続きの正式書類を提出し、同年10月に地元住民に対して2回にわたり都市計画変更素案の説明会を実施した。今回の計画範囲は豊島区および板橋区に及んでいることから、同年12月に豊島区、平成22年1月に板橋区、更には同年2月の東京都での都市計画審議会を経て、平成22年3月に都市計画変更決定の告示がなされた。

また、都市計画変更手続きと同時並行で、工事発注に向けて鉄道事業法61条申請や道路法32条申請の協議を実施した。

4. 構造形式

写真-1、写真-2は当該地域の様子を示したものである。改良範囲の計画に際しては、当該道路がアンダーパス形状を有しており、また工事による路面交通への影響を極力抑えること、既設構造物の改良範囲を最小限にするよう考慮した結果、改良範囲は小竹向原駅～千川駅間のうち約410mとした。図-4、図-5は計画平面図、計画断面図を示したものである。

この区間の構造としては

- ①全区間開削トンネル構造
- ②開削トンネル構造+シールド工法

を候補に挙げた。①と②を比較検討した結果、①については路面交通や樹木など地上への影響範囲が大きくなることや、工期、工費等を総合的に検討した結果②を採用することとした。

また、シールドトンネルの形状は、掘削量が真円に比較して少なくなり、発進・到達立坑の占用部分を道路下に収めること等を考慮して、縦長の複合円形形状とした。

構造は大きく以下の3種類に分類される。

- (1)向原方開削トンネル部
- (2)シールドトンネル部
- (3)千川方開削トンネル部

図-4、図-5にそれぞれの構造形式の範囲について示す。図-6は横断面図を示したものである。

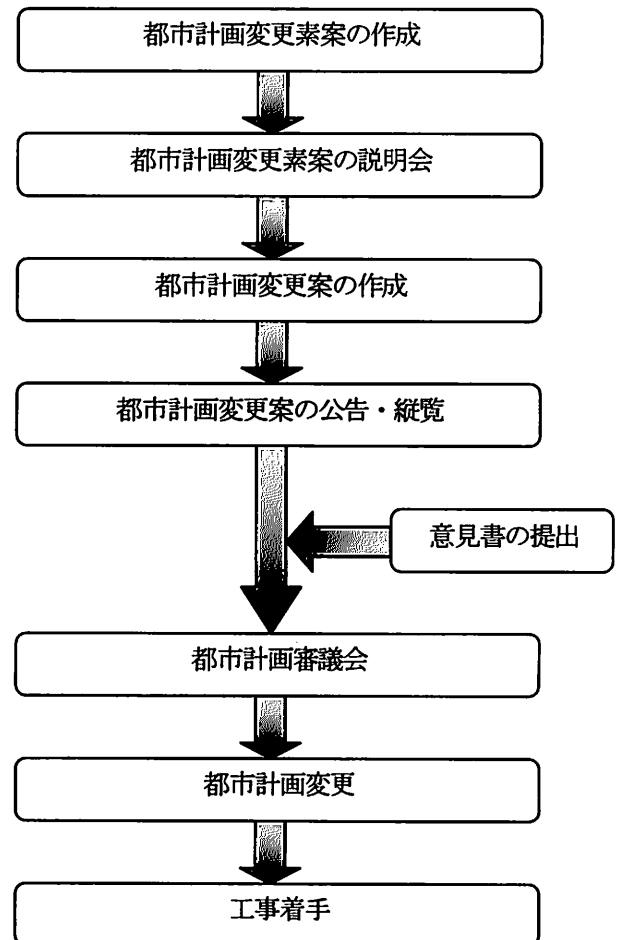


図-3 工事着手までの流れ



写真-1 道路状況

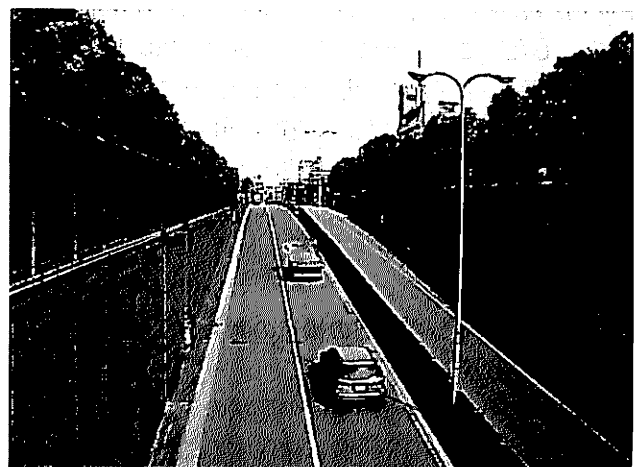


写真-2 アンダーパス状況

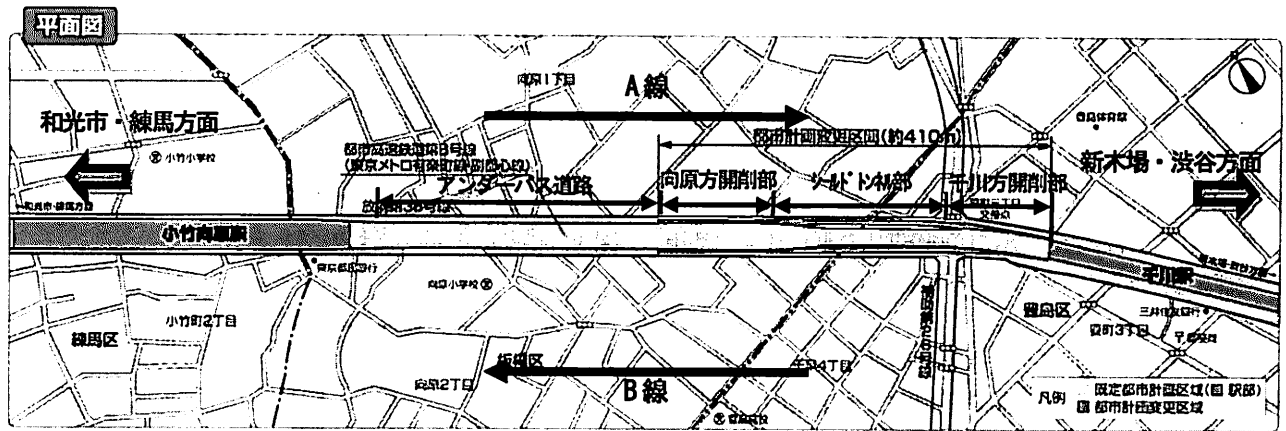


図-4 計画平面図

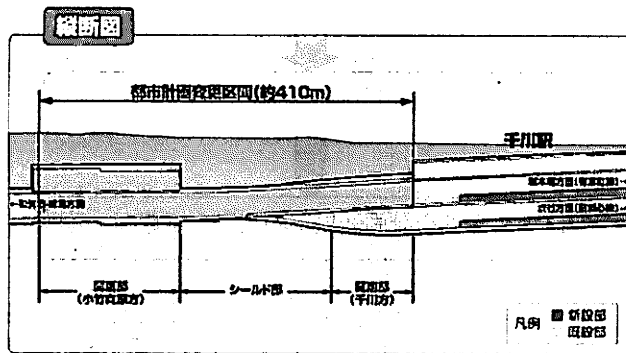
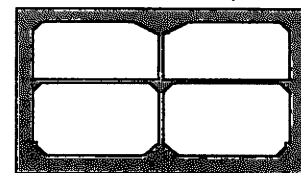


図-5 計画断面図

約 20m~21m

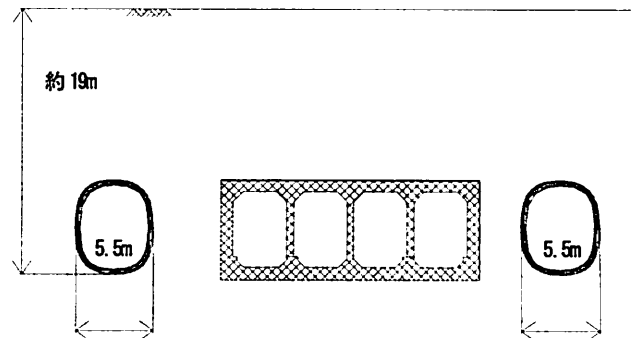


約 36~38m

(1)向原方開削トンネル部

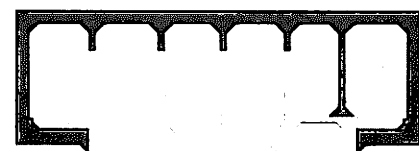
(1) 向原方開削トンネルの構造

向原方の開削トンネル部は、図-6に示すように、既設営業線部の側部に新たに連絡線部の構造を付け加える構造となっている。既設営業線部の側壁は、新たに設置する連絡線による建築限界の範囲に支障する箇所があり、その箇所については既設営業線部の側壁の位置を変更する必要があった。そのため、新設の側壁を構築し既設営業線部の側壁は撤去する構造とした。既設営業線部の側壁を撤去することにより、既設のスラブを支えることができなくなるため、中壁を施工する必要がでてきた。中壁を施工する位置は、既設の側壁の位置になるべく近づけるようにすることで、建設当時の応力状態を崩さないようにした。このことにより、既設の中床版および下床版の補強等の大がかりな構造補強を行うことを必要としない構造となった。また、軌道階の中壁については、列車の運行の妨げにならないよう現場での安全性の確保および急速施工を目的として、プレキャスト部材(PCによる中壁)を採用することとした。



(2)シールドトンネル部

約 15~17m



約 24~32m

(3)千川方開削トンネル部

(2) シールドトンネル部の構造の考え方

a) 断面の形状の決定について

シールドトンネル部の断面の形状の決定については、

- ①民地部との離隔を十分に確保すること
- ②既設構造物との離隔を十分に確保すること
- ③断面積の縮小による環境負荷低減を図ること

凡例 ■ 新設部 ■ 撤去部 ■ 既設部

図-6 断面図

を主な目的とし、複合円形断面を採用することとした。複合円形断面とは、3つの曲線半径(R1, R2, R3)を組み合わせて成り立つ非円形断面である。この断面の特長は、断面積は円形断面に比べて低減を図りながら、保守空間を含めた地下鉄の運行に必要なトンネル内空間面積を確保していることである。

形状の決定については、3つの曲線半径のうち、初めに側部と頂底部の円弧(半径R1, R2)を決定し、2つの円弧半径の交点を中心とする隅角部の円弧(半径R3)が決まるという順序である。図-7は検討の結果により、決定した断面を示したものである。今回は、R1=5500mm, R2=7800mm, R3=2000mmとした。

複合円形断面を採用することにより、断面積は円形断面と比べて約10%程度の低減を図りながら、トンネル内空間面積は地下鉄の運行に支障のない空間を確保することができた。表-2は円形断面との断面積の比較を示したものである。

b) 覆工構造

セグメントは、作用荷重・経済性等を考慮し、鉄筋コンクリート製とした。

セグメント厚さは、設計上必要な厚さを考慮したうえで、地下鉄の運行に必要な内空断面(建築限界)を確保するために薄肉化を図り、300mmとした。分割は、軸方向挿入式のK型セグメントの組立施工性や供用開始後の漏水箇所の低減等を総合的に判断した結果、6不等分割とした。セグメント幅は、一般的にセグメント幅/セグメント厚さ≦5を満足するように設計することが多い。また、今回の掘進延長がA線側175m, B線側145mと比較的短いため、セグメント幅を広げることが組立リング数の減少や工程促進に大きく寄与しない。よって、これらを総合的に判断し、セグメント幅は1500mmとした。

c) シールド

シールドの形式は、泥土圧式シールドを採用することで計画している。これは、以下の2点の理由による。

- ①後方設備の配置スペースが泥水式シールドと比べて比較的少なくて済む
- ②円形以外のシールドを掘削した実績が多いという理由によるものである。

複合円形断面の掘削を確実にを行い、列車の運行に必要な空間を確保するため、カッターヘッドには伸縮カッター付スポークタイプを採用している。図-8はその概要を示したものである。

(3) 千川方開削トンネルの構造の考え方

千川方の開削トンネル部は、図-6に示すように現在有楽町線が営業している地下1階部の構築を拡張、新たに連絡線を設置することとした。千川方については、縦断勾配の変更も行う必要があるため、新設の上床版を構築

し既設構造物の上床版を撤去する箇所がある。既設構造物の上床版の撤去作業を、できるだけ軌道階を使用せずに行うことを目的とし、新設の上床版と既設構造物の上床版との離隔を2m程度確保した。このことにより確保した空間を使用して、既設構造物の上床版の撤去作業を行う計画としている。

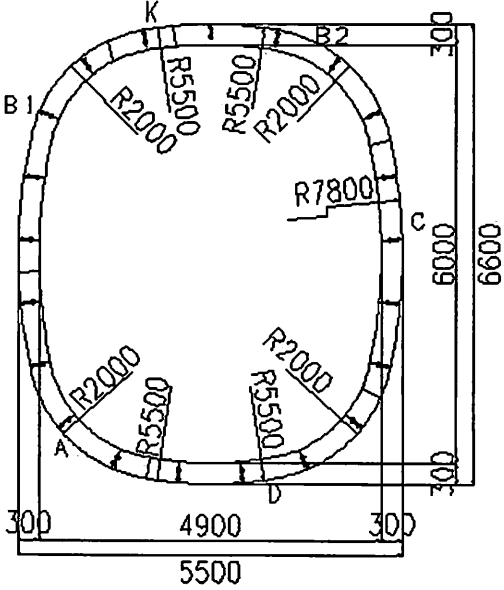


図-7 複合円形シールド断面 (単線)

表-2 断面積の比較

	掘削断面積	トンネル内空間面積
円形 (φ 6.6m)	34.21m ²	26.48m ²
複合円形 (H6.6m×W5.5m)	31.15m ²	23.64m ²
複合円形/円形	0.91	0.89

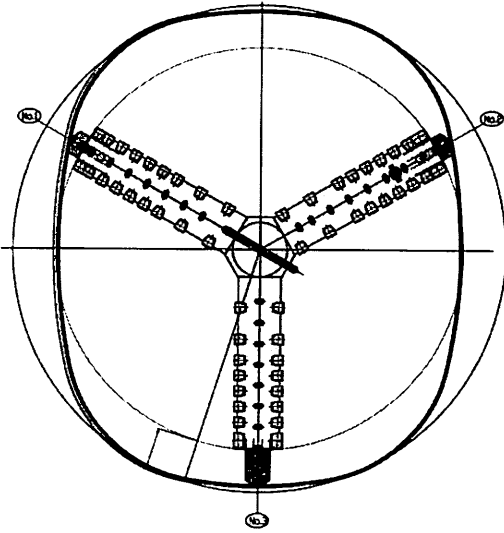


図-8 伸縮カッター付スポークタイプ

5. 施工の特徴

今回の連絡線設置工事における施工の特徴は以下のとおりである。

①A・B線両方に連絡線を設置するが、A・B線同時に施工すると、路面交通に著しい影響があるため、片線ずつ整備することとした。

②平成24年度に、副都心線が東急東横線との相互直通運転を開始するまでにA線側の連絡線の供用を開始する必要があるため、工事はA線側を先行して行う計画とし、A線側の連絡線を供用させた後にB線側の施工に取り掛かることとしている。シールドトンネルの掘進時期についても、発進・到達立坑として使用する開削トンネル部の施工に合わせて、A線側を優先して掘進し、一度シールド機を現地から搬出した後B線側の立坑の施工時期に合わせて再び現地へ搬入し、B線側の掘進を進める計画としている。

③軌道階の作業については、地下鉄の運行が終了した

後の夜間作業となり作業時間に制約がある。安全性の確保と工程短縮のため、軌道階における作業が極力少なくなるような施工法を採用する計画としている。

(1) 開削トンネル部

施工は、A線側を先行して施工することにより、先行してA線側の運行を開始する。その後同様の手順でB線側の施工を行い、B線側の構築を完成させB線側の運行も開始する。B線側の施工が完了した後、A・B線合わせて埋め戻しや道路復旧等の復旧工事を行うことで計画している。

a) 向原方開削トンネル部

図-9は向原方開削トンネル部の施工順序の概略を示したものである。向原方開削トンネル部の施工上の課題は以下の点である。

①地下鉄の運行を行いながらの施工となるため、新設構築を先行して施工し、浸水の恐れを防ぐ必要がある。

②既設構造物の側壁をすべて撤去する。

③軌道階での作業量が多い。

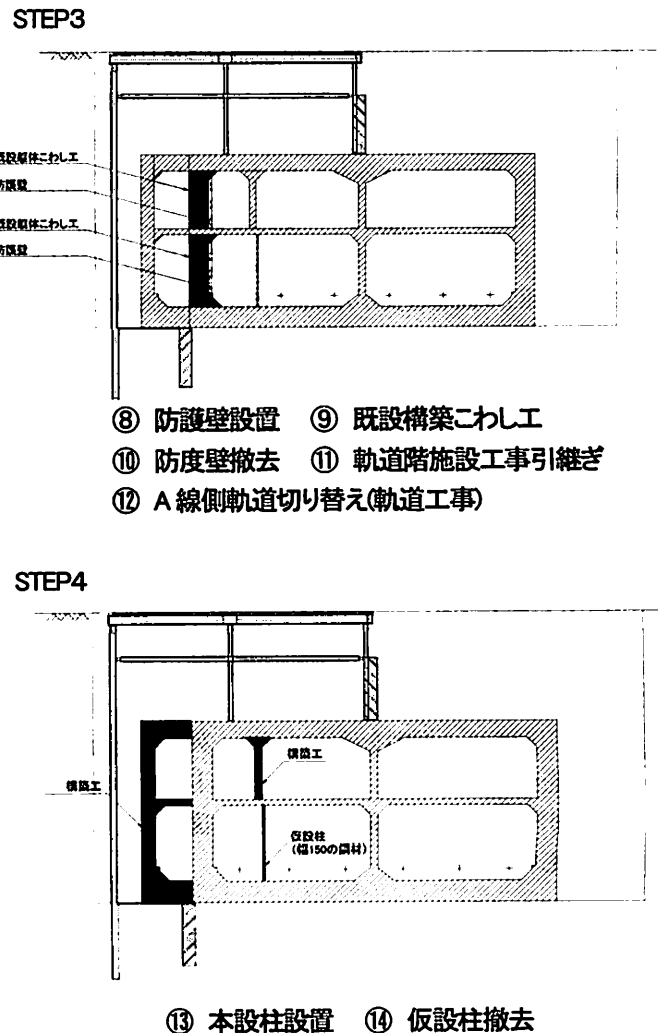
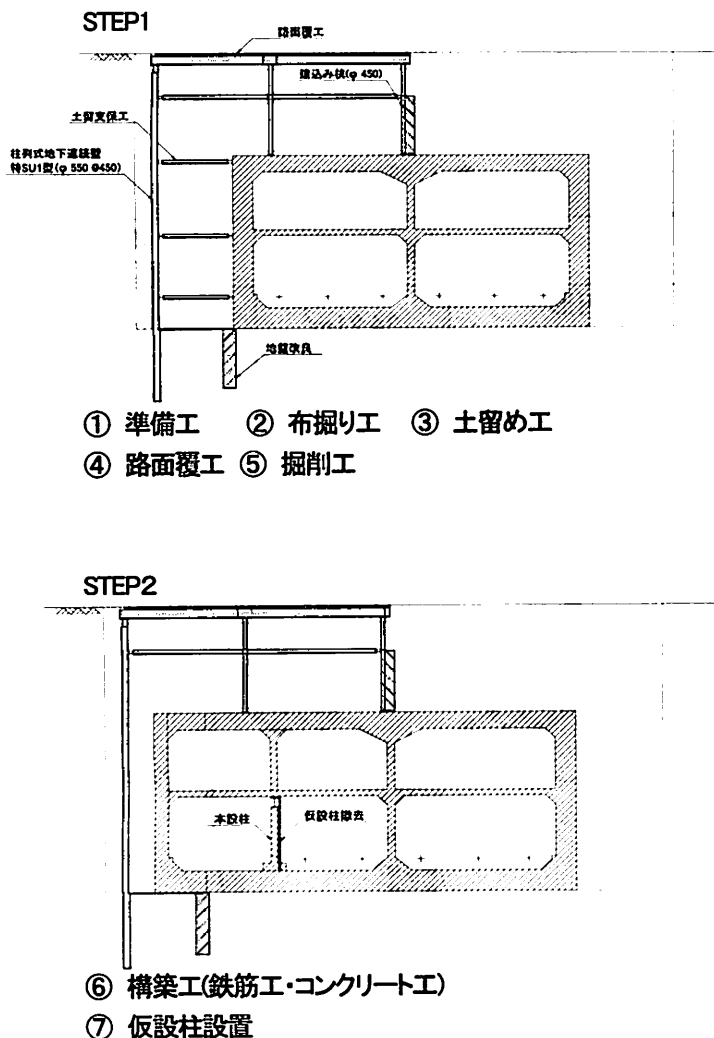


図-9 施工順序図(向原方開削部)

向原方開削部においては、STEP 2において軌道階に仮設柱を立てることが特徴となっている。これは、既設の軌道で地下鉄の運行を行う際には、新設の中壁が建築限界に支障し、新設の軌道で地下鉄の運行を行う際には、既設の側壁が建築限界に支障してしまうため、両方の建築限界に支障しない位置で中床版を支える必要があるためである。

仮設柱および本設柱の設置は、地下鉄の運行が終了した後の夜間作業で行うこととしている。

b) 千川方開削トンネル部

図-10は向原方開削トンネル部の施工順序の概略を示したものである。千川方開削トンネル部の施工上の課題は以下の点である。

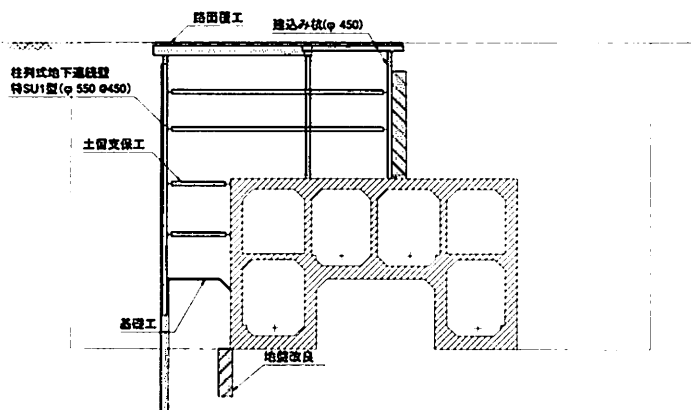
①地下鉄の運行を行いながらの施工となるため、新設構築を先行して施工し、浸水の恐れを防ぐ必要がある。

②既設建造物の側壁および地下鉄の電線路を支えている軌道階上の床版を撤去する。

③軌道下の床版を補強するなど軌道階での作業量が多い。

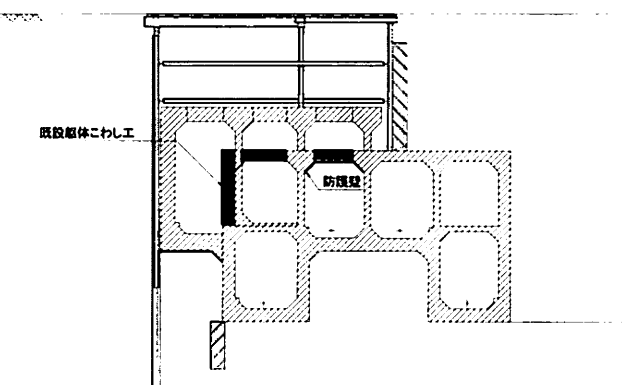
千川方開削部においては、縦断勾配を変える事から、上述②、③にあるように側壁、軌道上下の床版の改良が必要となるという特徴がある。非常に難度の高い施工となる事が想定され、施工法は現在検討中である。

STEP1



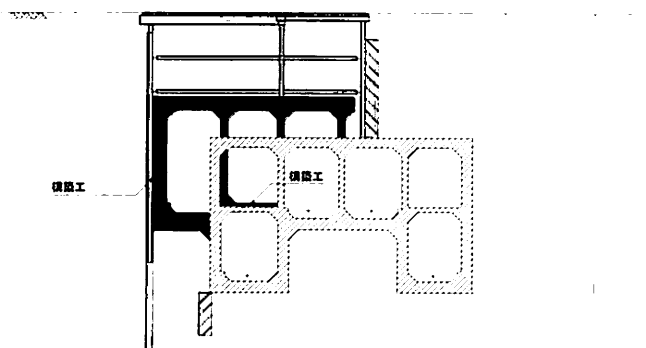
- ① 準備工 ② 布掘工 ③ 土留工
④ 路面覆工 ⑤ 掘削工

STEP3



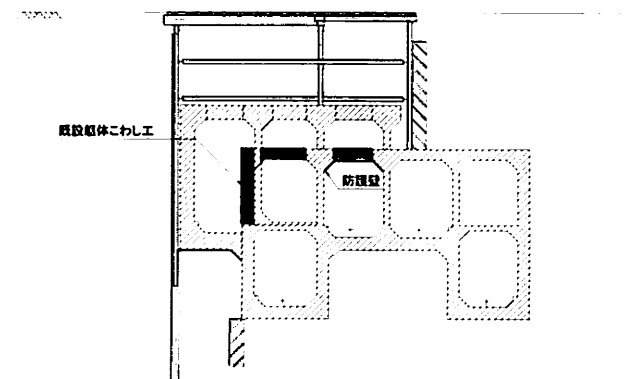
- ⑦ 防護壁設置 ⑧ 既設構築こわし工
⑨ 上床版(軌道直上)こわし工⇄架線吊り替え工(電気工事)
⑩ 防護壁撤去
⑪ 軌道階施設工事引継ぎ
⑫ A線側軌道切り替え(軌道工事)

STEP2



- ⑥ 構築工(鉄筋工・コンクリート工)

STEP4



- ⑬ A線側構築完成

図-10 施工順序図(千川方開削部)

(2) シールドトンネル部

シールドトンネルは、まず向原方の開削部を発進立坑とし、A線側175mを掘進する。千川方の開削部を到達立坑に到達した後、シールド機の引抜きを行う。引き抜いたシールド機は、構築したA線側シールドトンネル内を通過して、向原方立坑部より搬出する。シールド機は、B線側の施工に転用する計画としているため、一旦施工場所から搬出し、マシン工場等でメンテナンスを行った後、再び施工場所に搬入する。B線側についても、A線側と同様に向原方の開削部を発進立坑とし、145mを掘進し千川方に到達する計画となっている。

メンテナンスを行い、再利用する主な部材は、エレクトラ装置、形状保持装置、スクリュコンベヤ、シールドジャッキ、センタープレート、スポーク、カッターなどである。

シールド機の搬出入をすべて向原方立坑部から行う計画としている理由は、千川方開削部の到達立坑が、主要道路同士の交差点付近にあり、シールド機等の搬出入が難しいためである。なお、掘進に必要な後方設備は、向原方開削部および路面上に配置することとしている。

6. 終わりに

現在、埋設物支障物の移設工事等の準備工を進めており、平成22年の年明けには杭打ち工事を開始する予定としている。今後は、列車運行上の安全確保を図りながら、平成24年度の副都心線と東急東横線及びみなとみらい線との相互直通運転の開始までのA線側の供用開始を目指し、工事を進めていく所存である。今後も、機会をみて施工報告を行っていきたい。