

# 小田急小田原線代々木上原駅 ～梅ヶ丘駅間線増連続立体交差工事 第4工区／第5工区

清水建設(株)・(株)鴻池組・大豊建設(株)建設共同企業体 作業所長  
鹿島建設(株)・(株)奥村組・(株)フジタ建設共同企業体 現場所長

久保 徹  
木元 清敏

小田急線は新宿を起点に、箱根の玄関口である小田原までを結ぶ「小田原線」、湘南エリアに至る「江ノ島線」、多摩ニュータウンに至る「多摩線」の3路線、計約120kmにわたる鉄道路線で、1日約195万人が利用する首都圏の通勤・通学路線として、その役割を担っている。

本事業は、その中で小田原線の代々木上原駅付近から梅ヶ丘駅付近までの約2.2kmの連続立体交差化と東北沢駅から梅ヶ丘駅間約1.6kmの複々線化を併せて実施するものである。

- ・立体交差化により9箇所の踏切を除去して慢性的な交通渋滞や鉄道による地域の分断を無くし、快適な街づくりに貢献する。
- ・また、一体的に進めている複々線化では、所用時間の短縮と混雑率の緩和を図り、快適な輸送サービスの実現を目指す。(図1-1～3)

連続立体交差事業の内容は、開削工法での4線並列地下式を基本としているが、下北沢駅～世田谷代田駅間は下部をシールド工法で施工する2線2層式で、また東京都の主要道である環状七号線交差部では、非開削推進工法(R&C工法)での4線地下式としている。

事業は5工区に分けて進めており、着工以来7年が経過し、工事の最盛期を迎えている。

今回は、世田谷代田駅部を施工する「第4工区」及び環七交差部から梅ヶ丘駅手前までを施工する「第5工区」で見学会を開催、その工事概要について報告する。



図1-1 ● 平面図

図1-2 ● 縦断面図

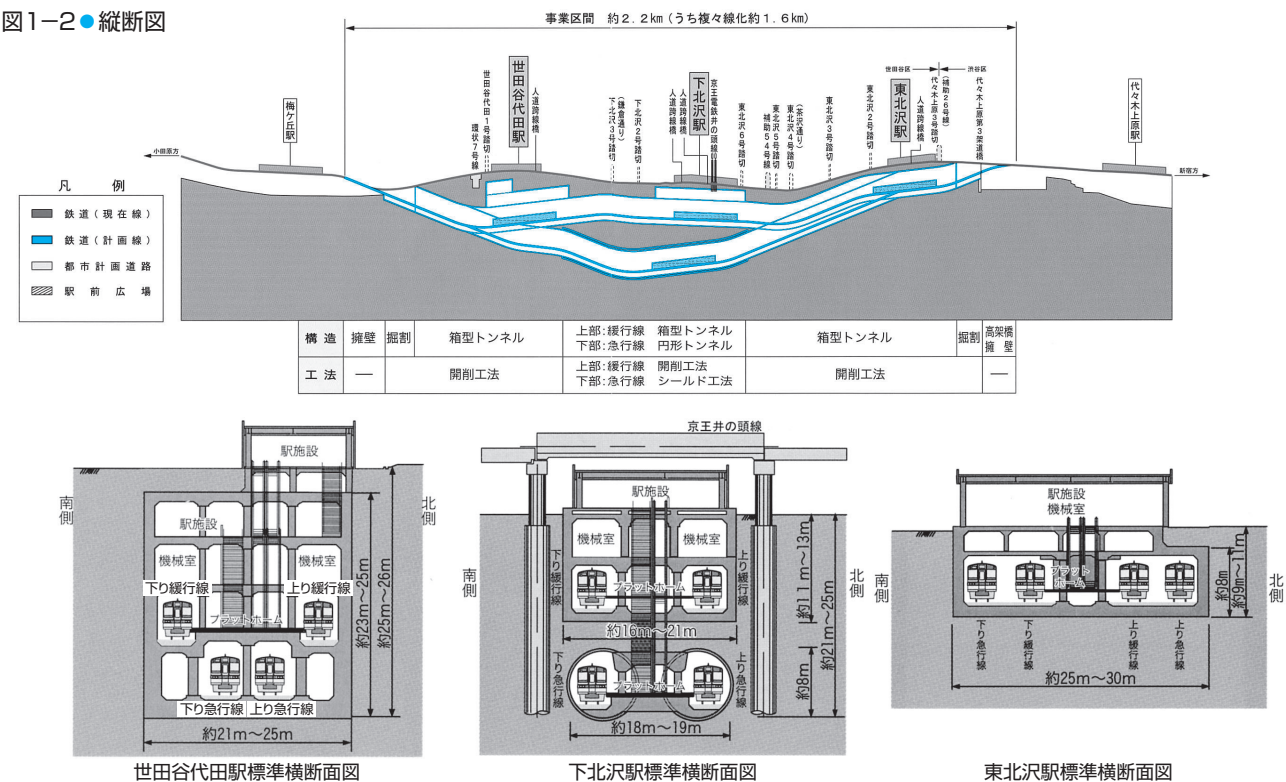


図1-3 ● 各駅標準横断面図

## 第4工区 清水建設(株)・(株)鴻池組・大豊建設(株)建設共同企業体 作業所長 久保 徹

### 1 工事概要

#### (1) 工事概要

当工区は図2～4に示すように小田急小田原線の代々木上原駅から梅ヶ丘駅間の事業区間のうち世田谷代田駅部を含む延長207mの地下化・複々線化工事である。工区の起点側は隣工区のシールド発進到達用の立坑を構築する。駅部においては営業線を工事桁で仮受けし、現盛土ホームを仮設化して開削工法にて地下3階のボックスカルバートを築造する。掘削の深さは約27m、躯体は地下3階構造であり、B3Fは急行線階、B2Fは緩行線停車ホーム階、B1Fは駅施設階となり地上部には駅舎を築造し地下躯体と接続する。土留壁は地中連続壁（一部TBH柱列土留、背面止水）であり山留支保工6段の架設となる。

工事場所は環状七号線の東側に位置し側道を

介してアクセスできる。しかしその他の隣接する周辺道路はすべて規制のため大型車両が通行できず近隣住宅と非常に近接している。狭い作業エリアにおける車両動線の確保（隣接工区車両も通行）と大型揚土重機による騒音振動、CO<sub>2</sub>発生低減を目的として、ここで紹介する「残土搬出システム」を採用した。

#### (2) 工事数量

|             |                        |
|-------------|------------------------|
| 橋上駅舎工       | 1.0式                   |
| 軌道仮受け工      | 207m×2単線               |
| 仮ホーム工       | 180m相対式                |
| 土留工（TBH杭）   | 106 本                  |
| 土留工（BMX）    | 17,000 m <sup>2</sup>  |
| 土留支保工       | 5,000t                 |
| 地盤改良工 薬液注入工 | 11,500 kl              |
| 掘削・土留工      | 130,000 m <sup>3</sup> |
| 躯体構築工       | 33,000 m <sup>3</sup>  |
| 駅施設工        | 1.0式                   |

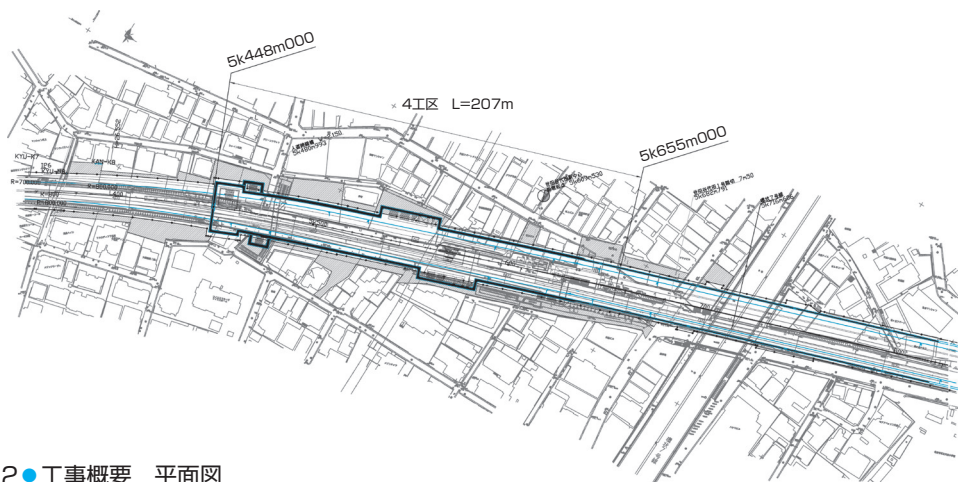


図2●工事概要 平面図

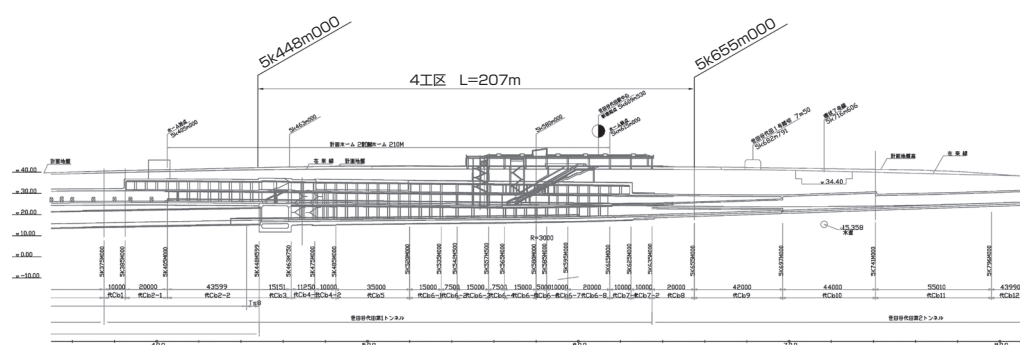


図3●工事概要 側面図

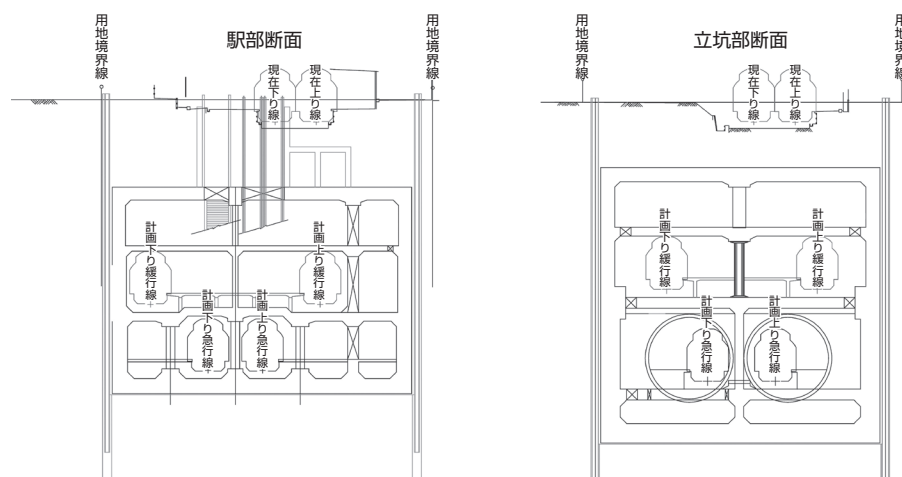


図4●工事概要 断面図

## 2 土砂搬出設備

### (1) 土砂搬出設備概要

図5(次頁)に土砂搬出設備概要図を示す。当システムを利用した土砂搬出は主に逆巻きスラブ構築後3次掘削以降床付まで(計画約68,000m<sup>3</sup>)を対象とする。土質は上部に約1mの粘性土層

があり、以深は一部砂礫層を含む砂層である。

掘削した土砂は3m<sup>3</sup>底開きベッセルに積み込み7.5tテルハクレーンで吊上げ逆巻きスラブ上の定量フィーダーに投入する。投入された土砂は時間当たり一定量になるよう調整されて長尺ベルコンへ乗り移る。揚土を行う開口は3箇所設け、掘削・土留支保工架設の進捗に合わせて稼働開口を移動していく。長尺ベルコン終端部に



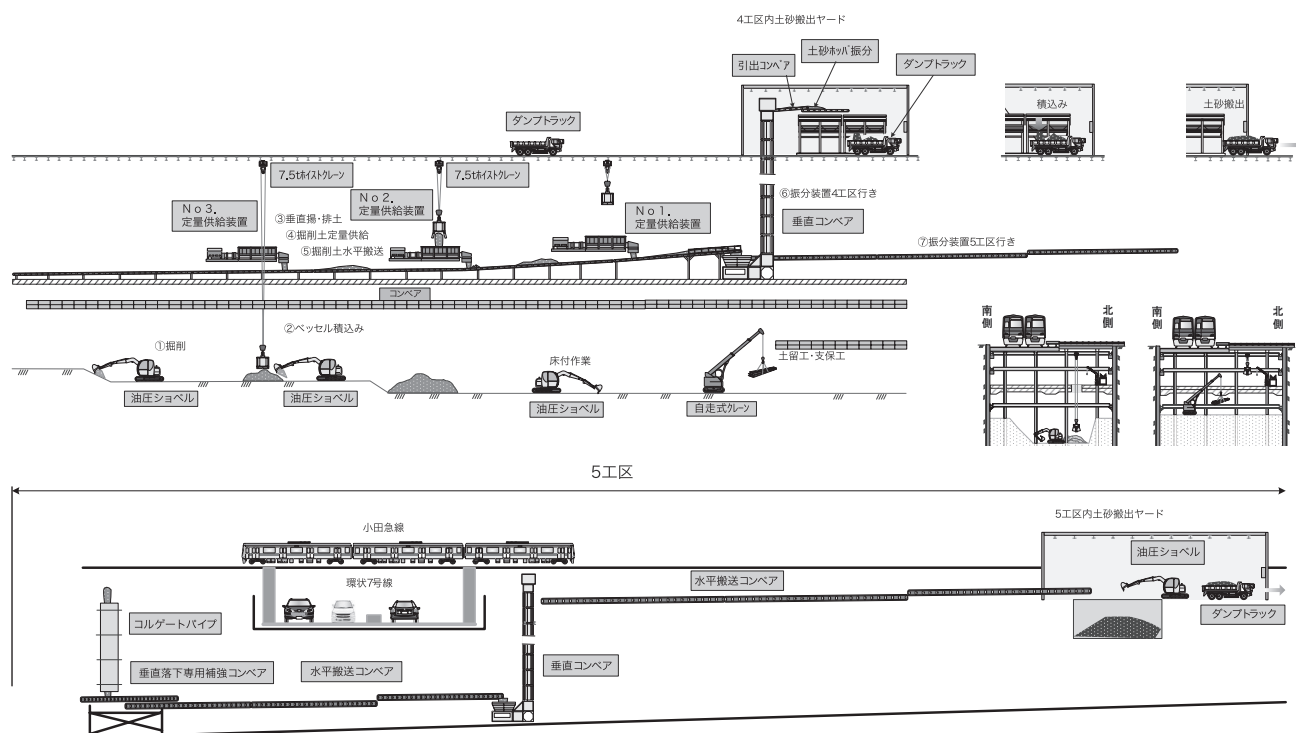


図5 ● 土砂搬出設備概要図

は振分けフィーダーを備え、下流側の行き先を任意の比率で振り分けることができる。ここで振り分ける行き先のひとつは工区内地上に設けた土砂ホッパー（40m<sup>3</sup>×2基）であり、振り分けフィーダーから垂直ベルコン（約22.3m）を介して土砂ホッパーに蓄積される。土砂ホッパーに蓄積された土砂は直接直下に配置したダンプトラックの荷台へ積み込むことができ、車両の入れ替えを円滑に行うことができる。さらに積み込みのための重機が不要という利点がある。また、工区内唯一の地上設備となる土砂ホッパーは防音ハウスで全周を囲い近接する住宅等の周

辺環境への配慮を行っている。もうひとつの振り分け先は隣工区である5工区内部に既設されている防音ハウス内部の土砂ピットとなる。この5工区ラインは約210mの水平ベルコンと環状7号線をアンダーパスするための垂直落下コルゲートパイプ（約9.0m）と垂直ベルコン（約15.0m）を含む。5工区ラインに振り分けられた土砂は容積約180m<sup>3</sup>の土砂ピットに蓄積され、電動バックホウによりダンプトラックに積み込み搬出を行う。地上設備となる土砂ピットは4工区土砂ホッパーと同様に防音ハウスで囲い環境への配慮を行っている。



写真1 ● ベッセル積込状況

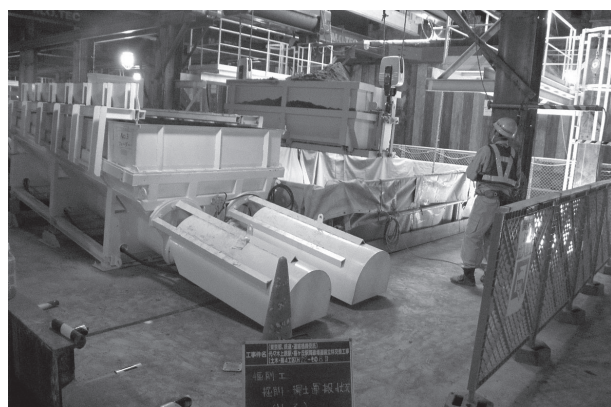


写真2 ● 定量フィーダー投入状況

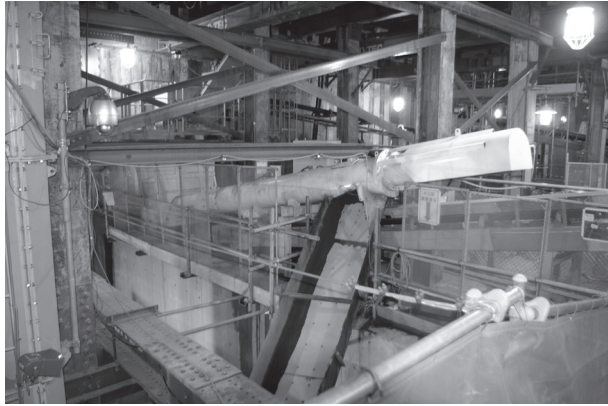


写真3 ●振り分けフィーダー



写真4 ●4工区内防音ハウス



写真5 ●土砂ホッパーによる土砂積み込み状況

この設備の最大の特徴は土砂搬出に伴う内燃式重機の使用を抑えることができることであり、同時に騒音・振動による周辺住環境への負荷を軽減することができることである。また地上部の設備を小さく抑えることで、車両動線を最大限確保することが可能となる。

設備の搬送能力は最大600m<sup>3</sup>/日であり、うち4工区土砂ホッパーのルートが350m<sup>3</sup>/日、5工

区ラインが250m<sup>3</sup>/日として計画されている。

## (2) 土砂搬出設備の集中管理システム

総長460mにおよぶ土砂搬出設備の起動と停止及び速度の管理を、各所に配置したwebカメラ22台と、感知センサーと連動した土砂搬出管理システムで実施する。集中管理システムはモニターと各所感知センサーと連動した制御PCで構成され、必要な情報がモニターにて確認できるようになっている。また設備作動時には各所に無線を携行した巡回員を配置しており、集中管理室オペレーターとの情報の共有により作動状況を現地で確認しながら速度等の判断補助を行う。

異常時の対応として例えばベルコン乗り移り箇所にて土砂の詰まりが発生した場合、感知センサーにて異常を知らせる警報が管理室内に鳴動しモニター上に位置が表示される。現地操作盤においても回転灯による警報が同時に作動する。異常を感知すると安全システムが作動し



写真6 ●集中管理室全景

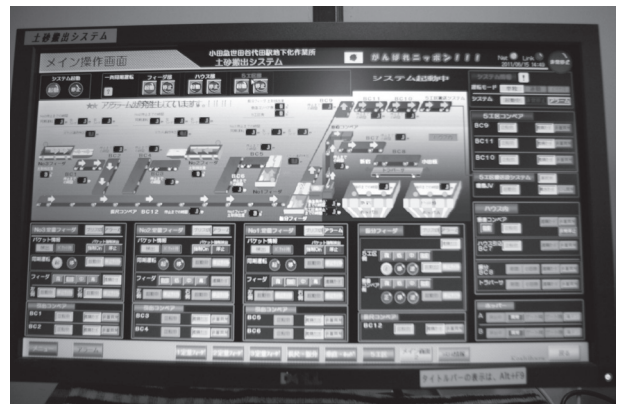


写真7 ●集中管理室システムモニター



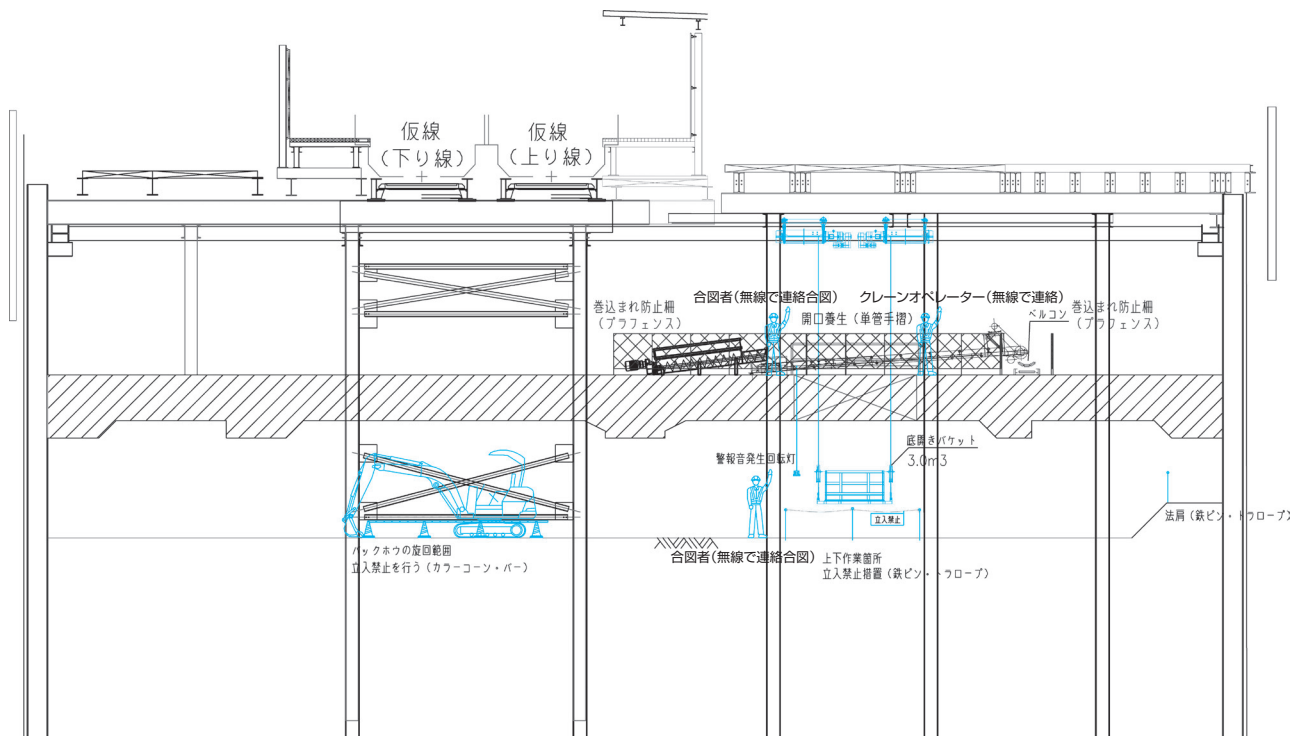


図6 ●安全管理概要図

すべての設備が緊急停止する。集中管理室オペレーターは位置及び警報内容が無線を用いて各所巡回員及び作業員へ周知させ、巡回員による目視点検を指示する。巡回員による不具合の目視確認と必要な処置を施し、全員退避を確認の上オペレーターは下流側設備より再起動を実施する。

### (3)安全対策

設備の緊急停止に関しては、集中管理室また各制御盤に緊急停止ボタンがついており、それらを押すことですべての設備が連動停止するようになっている。またベルコン本体には全長に渡り非常停止用の引綱が張られており、これを引くことで緊急停止ボタンと同様の効果がある。現地により緊急停止された設備は安全を確認のうえ操作盤により解除手続きを行わなければ再始動することができない。

設備の保守点検はシステム上での作動停止、さらに各所操作盤のブレーカーを落とすことを確認した上「点検中」の看板を明示して実施し、設備稼働時の近接作業を行わないよう徹底している。さらにプラスチックフェンスを設

備より600mm以上離れた位置に配置したうエチューブライトによる注意喚起を施し、人為的ミスを防ぐようにしている。

## 3 おわりに

本設備による土砂搬出は平成23年3月より稼働し、同9月で土砂搬出の作業を終了する予定である。現在まで約3か月稼働し、実績として稼働日平均500m<sup>3</sup>/日以上となっている。また設備の耐久性に関しては日々メンテナンスを通してデータを収集している最中であるが、およそ5,000m<sup>3</sup>に一度の設備点検を実施し、摩耗部材の点検補修により継続的な稼働が可能であると考えている。

現在も掘削中であり、今後の躯体構築、営業線地下化まで小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所の御担当の皆様の御助言・御協力を賜りながら一丸となり鋭意努力していく所存である。最後に関係各機関の皆様の本工事へのご理解とご協力に対し紙面を借りて感謝申し上げます。

## 1 工事概要

### (1) 工事概要

当工区は、事業区間の小田原方の端部に位置し、世田谷代田駅から現在小田急線をアンダーパスしている環状七号線の直下を通過し、既に

完成している高架駅である梅ヶ丘に接続する451mの区間に地下に鉄道トンネルを構築するものである。工区全域にわたり閑静な住宅街に囲まれたエリアであり、近隣住民への騒音・振動に配慮し、基本的に仮線方式で線路を受替えながら開削工法で躯体を構築する。

環状七号線交差部45mの区間は、車道部での土

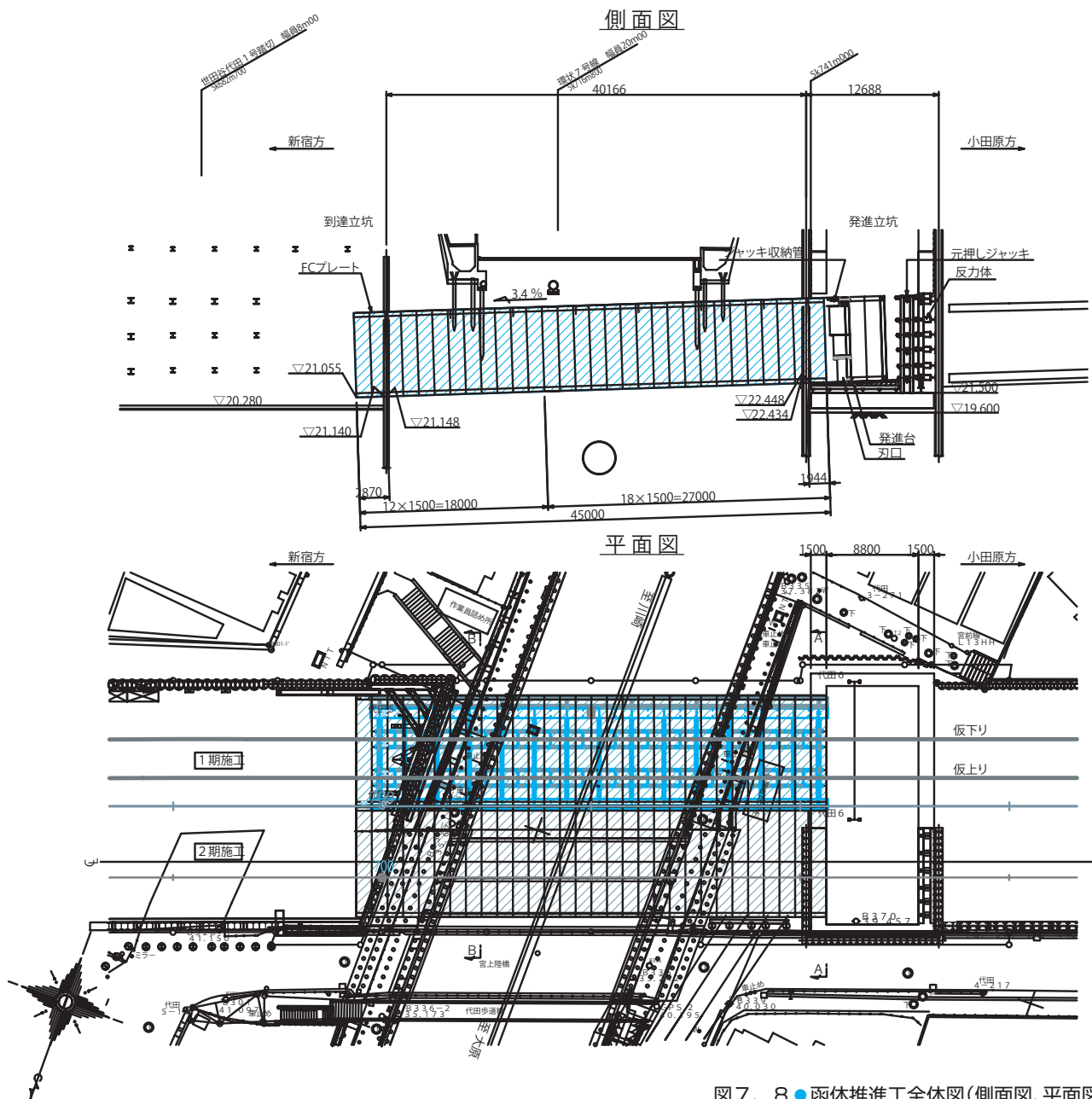


図7、8 ● 函体推進工全体図(側面図、平面図)

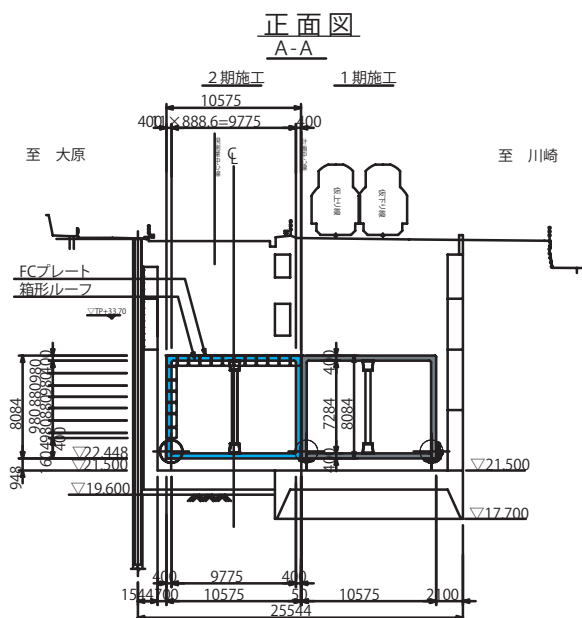


図9● 函体推進工全体図(正面図)

被り4m、被圧水対策を実施しながら、非開削工法である函体推進工法（R&C工法）（図7、8、9、写真8）で鉄道箱型トンネルを構築する。

#### (2) 工事数量

|        |                      |
|--------|----------------------|
| 掘削工    | 85,000m <sup>3</sup> |
| 地中連続壁工 | 17,500m <sup>2</sup> |
| 躯体構築工  | 19,000m <sup>3</sup> |

|                |         |
|----------------|---------|
| ニューマチックケーソン工   | 1基      |
| 函体推進工（2線1函体）   | 2本      |
| 止水薬液注入工        | 7,700kl |
| 仮線工事桁（抱込み・上路桁） | 81連     |
| 仮線工事桁（環七複線下路桁） | 1連      |

## 2 環状七号線交差部函体推進工法（R&C工法）について

### (1) 函体推進工法（R&C工法）の概要

環状七号線交差部の施工にあたっては道路管理者である東京都との設計協議において、環状七号線が、1日の交通量約7万台の主要道路で、土被り4mの中に多くのライフラインが埋設されている（図10）ことから、極力道路規制を伴わないで施工できる非開削工法の中から仮設物の残置の少ない工法を要望されており、パイプルーフ工法、JES工法、R&C工法の中から選定した。

R&C工法は、鉄道や道路直下に低土被りでトンネル構造物を造る工法で、道路や埋設物の防護として箱型ルーフと呼ばれる角型鋼管（800mm×800mm）をトンネル構造外形に合



写真8● 環状七号線交差部



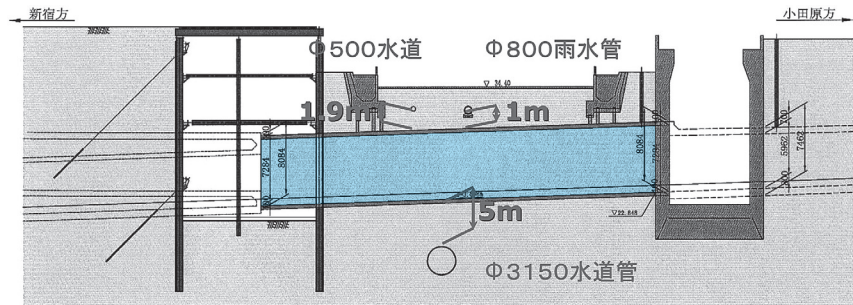


図10 ●埋没物位置図

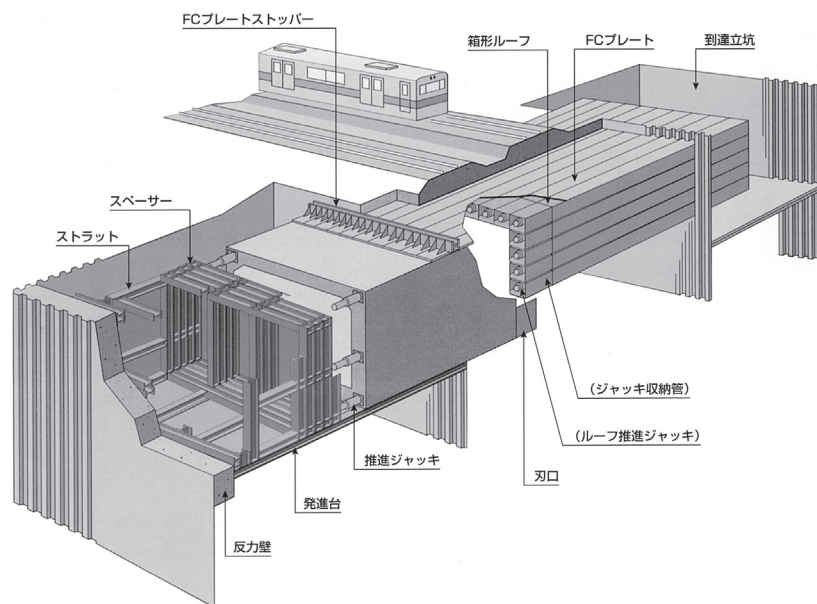


図11 ●R&C工法イメージ図

致するように圧入し、次に函体（ボックスカルバート）を据え付け、函体内部を掘削しながらジャッキで押し込んでいき、箱型ルーフと置換設置する工法である。水平部の箱型ルーフ施工時に上載荷重との縁切り用のフリクションカットプレート（以下FCプレート）を設置し、このFCプレートの下で箱型ルーフとボックスカルバートが置換される工法である。（図11）

環状七号線交差部の函体推進施工においては、4線躯体（2線1函体）のうち2線躯体が在来線直下の橋梁部に位置するため、橋梁下部構造の基礎杭に干渉しない在来線南側施工を1期工事、1期躯体上へ仮線切替後の北側在来線跡地直下を2期工事として施工する。

## (2) 合成セグメントの採用

函体推進本体に使用する函体（ボックスカル

バート）は、当初現場打ちRC躯体であったが、現場打ちRC躯体の場合、構築施工中、長時間掘進作業を停止せざるを得ないこと、また1期、2期函体の接続工が地下水以下のFCプレート下部で行われるため品質劣化が懸念されたため、函体製作時間を省略できるプレキャスト構造で、外面を鋼殻で覆われ、その内部にコンクリートを充填し、鋼板とコンクリートを一体化した矩形サンドイッチ型合成セグメント（縦外形8,084mm×横外形10,575mm、セグメント厚400mm、1リング幅1.5m×30リング）を採用することとした。（図12（次頁））

## (3) 地盤改良工及び計測管理

箱型ルーフ施工時、函体推進時とも、被圧地下水位下での開放型人力掘削のため、掘進時の切羽崩壊及び地下水の流入を防ぐため掘削全断

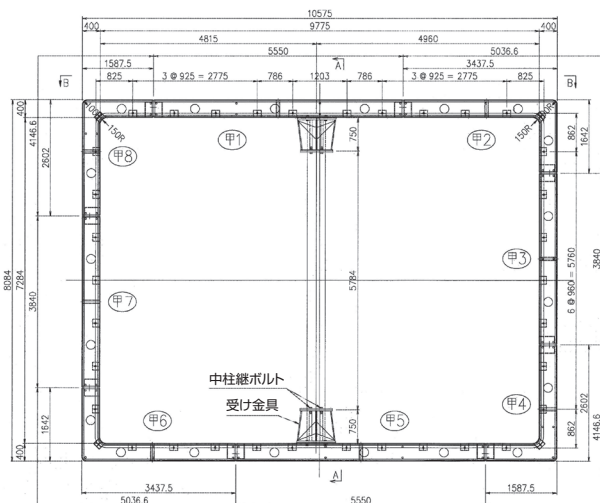


図12 ● 合成セグメント割付図

面に対し、地盤改良工（薬液注入工）を行った。薬注に際しては、注入により、道路及び埋設管への影響が懸念されるため、環状七号線擁壁及び橋台にプリズム型トータルステーションを、環状七号線車道部にはノンプリズム型トータルステーションをそれぞれ使用し、自動計測による24時間体制での計測管理を実施している。計測管理値は、路面で20mm、擁壁・橋台で8mmを2次管理値として設定した。

1期施工では、道路交通の障害に配慮し、立坑内から曲線状の削孔が可能な水平自在ボーリングマシンで削孔し薬液注入を行ったが、砂層内部にシルトの薄層が介在していたため改良範囲に一部未改良箇所ができ、止水性に課題が残

る結果となった。そこで2期施工においては、両立坑からの斜め注入と、環状七号線を夜間一部車線規制しての路上からの薬液注入により止水性の向上を図った。

地盤改良（薬液注入工）の施工に伴い、徐々に路面隆起が見られたが、2次管理値以内で施工を終えることとした。

#### (4) ガイド導坑

函体推進工の施工前に、門形状の箱型ルーフ配置の下部両端にガイド導坑を設置する。ガイド導坑は函体推進時、水平・垂直の精度を確保するための定規の役割を果たし1期施工では刃口推進工法で施工した。今回2期施工における改良点としては、1函体側のガイド導坑及び垂直部の箱型ルーフは1期施工時のものを使用できることから北側のみ施工することとした。

(図9、写真12)

## 3 おわりに

函体推進工事の1期施工については、2007年度中に完成している。2009年に上下線を1期函体上に切替え、今年2011年3月より、2期施工の箱型ルーフ工の施工を開始した。現在水平部分12本が終了し、垂直部の箱型ルーフ工を施工している。

函体推進時においても自動計測による計測管



写真9 ● 発進立坑2期施工前



写真10 ● 箱型ルーフ内人力掘削状況





写真11 ● 水平箱型ルーフ施工状況

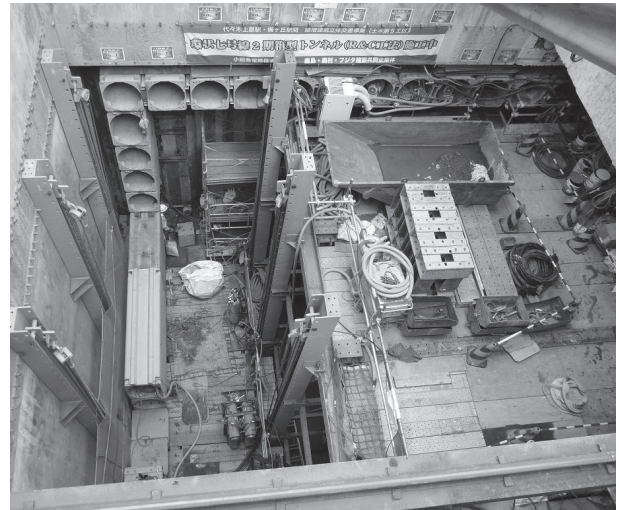


写真12 ● 垂直箱型ルーフ施工状況



写真13 ● 1期施工函体推進施工状況

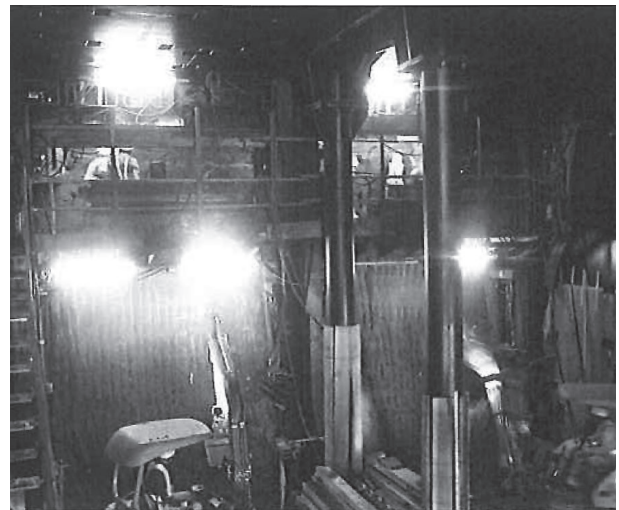


写真14 ● 1期施工函体内掘削状況

理は継続して実施し、2期の水平箱型ルーフの施工においても掘削による地山の緩み等により沈下が発生しているが、FCプレートと地山の隙間に沈下抑止特殊充填材を充填し、5mm～10mmの沈下に抑えることができています。

今後いよいよ夏以降、2期目の函体本体の推進に取りかかる。引き続き、環状七号線の擁壁・橋台及び路面の異状変状、また大断面での機械併用掘削を行うことから切羽崩壊による労働災害を発生させることのないよう、小田急電鉄(株)複々線建設部下北沢工事事務所、関係各位と連携を取りながら、安全第一で工事に取り組んでいく所存である。

#### [引 用]

- 1) 中込芳雄・伊藤健治「高度な技術を駆使して地下連続立体複々線化事業を推進『トンネルと地下』(日本トンネル技術協会/Vol.39 No.5) 37～43ページ
- 2) 伊藤健治・木元清敏「R&C工法(箱型ルーフとボックスカルバートを置き替えるアンダーパス工法)『土木施工』(オフィス・スペース/Vol.52 No.3) 32～37ページ