# 都市部幹線道路直下における地下通路の構築
## - 虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業に伴う六本木一丁目駅連絡通路設置工事 -


清水建設株式会社　正会員　○上嶋　靖治　　正会員　　額見　吉員
清水建設株式会社　　中原　和也　　小松崎　拓弥
森ビル株式会社　　橋山　昌和　　安本　洋輔
東京地下鉄株式会社　正会員　　一寸木　朋也


### １．はじめに

本工事は国家戦略特区に認定された「虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業（麻布台ヒルズ）」と東京メトロ南北線六本木一丁目駅を接続する地下連絡通路設置工事である。工事場所は昼夜交通量の多い幹線道路である都道 415 号線（麻布通り）直下であり、道路下にはガス・水道などの重要インフラ設備が多数敷設されている。また、**図-2** に示すように新設する地下連絡通路の約 9m 直下には重要路線である東京メトロ南北線シールドが位置しており、工事による影響が懸念された。さらに、地上部においては首都高速都心環状線が工事範囲西側に近接しており、東側にはマンション、オフィスビルや各国大使館など多数隣接している昼夜問わず車両や人通りの多い周辺環境である（**図-1**）。本稿ではそのような現場環境において周囲への影響を最小限に抑え、延長約 130m の地下連絡通路を構築した工事報告を述べる。

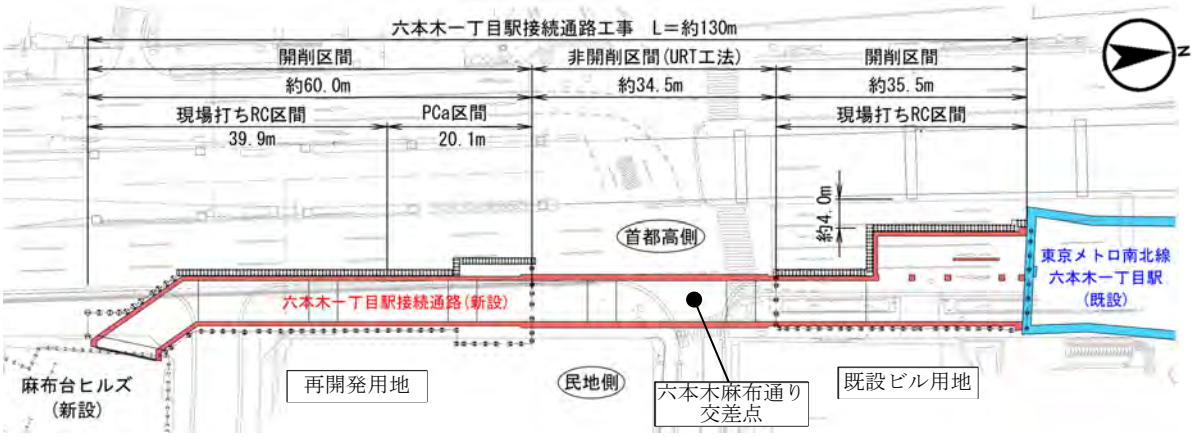



**図-1　工事全体平面図**

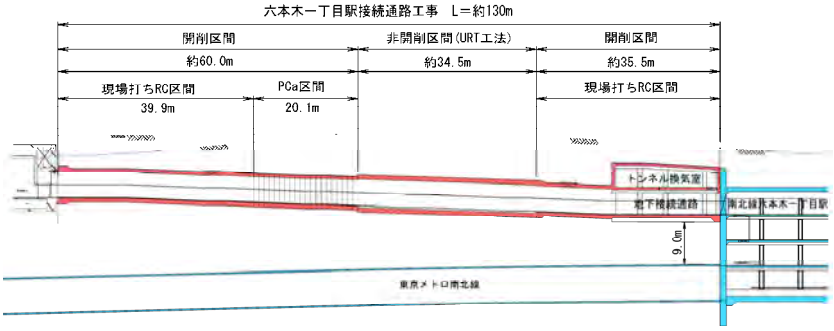



**図-2　工事全体縦断図**

### ２．工事概要

本工事の概要を以下に示す。

工事場所：港区麻布台一丁目 1 番地～六本木一丁目 7 番地

施工期間：2020 年 10 月～2024 年 3 月（予定）

事業者：虎ノ門・麻布台地区市街地再開発組合

監理者：東京地下鉄株式会社

施工者：清水・三井住友建設共同企業体


キーワード：地下接続通路，URT 工法，CSM 工法，プレキャストボックス，高流動コンクリート


連絡先：〒104-8370　東京都中央区京橋二丁目 16-1　清水建設株式会社　土木技術本部　TEL:03-3561-3877

**表-1　全体工事工程表（予定）**

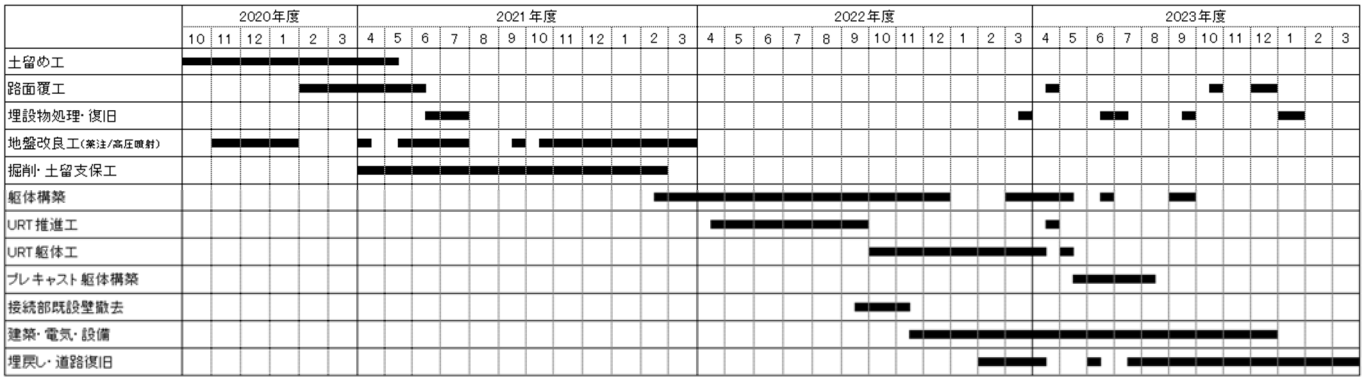



**表-2　概算工事数量一覧表**

| 項目 | | | 単位 | 数量 | 合計 |
|---|---|---|---|---|---|
| 土留杭 | 行合坂 | アボロン | (本) | 53 | 267 |
| | | CSM | (本) | 105 | |
| | 六一 | BH | (本) | 28 | |
| | | CSM | (本) | 81 | |
| 中間杭 | 行合坂 | アボロン | (本) | 2 | 16 |
| | 六一 | BH | (本) | 14 | |
| 路面覆工 | 行合坂 | | (m2) | 690 | 1,190 |
| | 六一 | | (m2) | 500 | |
| 吊防護工 | 電線共同溝管路 | | (m) | 70 | 70 |
| | 電線共同溝特殊部(基) | | (m) | 1 | 1 |
| | ガス | | (m) | 35 | 35 |
| | 水道 | | (m) | 35 | 35 |
| | 下水管路 | | (m) | 53 | 53 |
| | 下水人孔(基) | | (m) | 4 | 4 |
| 山留工 | 行合坂～六一 | | (t) | 680 | 680 |

| 項目 | | 単位 | 数量 | 合計 |
|---|---|---|---|---|
| 地盤改良工 | 薬注(土留杭背面) | (m3) | 2,500 | 2,500 |
| | 薬注(URT防護) | (m3) | 2,600 | 2,600 |
| | 高圧噴射(①BL先行地中梁) | (m3) | 1,000 | 1,000 |
| | 高圧噴射(URT発進防護) | (m3) | 100 | 100 |
| 掘削工 | 行合坂～六一 | (m3) | 12,700 | 12,700 |
| 山留工 | 行合坂～六一 | (t) | 680 | 680 |
| RC躯体工 | 鉄筋組立 | (t) | 320 | 320 |
| | 型枠組立 | (m2) | 2,264 | 2,264 |
| | 型枠支保工組立 | (空m3) | 4,560 | 4,560 |
| | コンクリート打設 | (m3) | 2,200 | 2,200 |
| 防水工 | - | (m2) | 3,200 | 3,200 |
| URT推進工 | 躯体延長 | (m) | 345 | 35 |
| | エレメント総延長 | (m) | 621 | 621 |
| | エレメント内部掘削土量 | (m3) | 765 | 765 |
| | 内部掘削土量 | (m3) | 1010 | 1,010 |
| PCa設置工 | | (基) | 20 | 20 |

工事工程表を**表-1** に、概算工事数量を**表-2** に示す。構築する構造物は、地下鉄駅と再開発用地を結ぶ地下連絡通路であるが、構築方法は**図-1,2** に示すように、「開削部（現場打ち RC 躯体）」「非開削部（URT 工法）」「開削部（プレキャストボックス（以下、PCa ボックス））」の 3 つの施工エリアに区分される。それぞれの区間の概要を以下に示す。

**（1）開削部（現場打ち RC 躯体）**

地下構造物を構築する際に採用される一般的な施工法である土留め壁を用いて掘削を行った後に、現場打ちコンクリートにより躯体を構築した範囲である。躯体の構造は、六本木一丁目駅近接部は機械室など駅設備を設けるために 2 層 2 径間の構造となっている。その他の範囲については地下通路のみの 1 層 1 径間の構造となっている。

**（2）非開削部**

埋設物が輻輳しており移設協議等に時間を要する可能性が判明したために非開削工法で地下通路を構築した範囲である。

**（3）開削部（PCa ボックス）**

非開削部の発進立坑として使用していたエリアで、周辺交通への影響低減や工期短縮を目的に躯体構築を PCa ボックスの組立により行った範囲である。

**３．開削部（現場打ち RC 躯体）**

**（1）土留め壁打設工法の選定**

工事範囲西側には首都高都心環状線が近接している。この橋脚と土留壁の最小離隔は約 4.0m であり、掘削時の土留め壁の変形による首都高橋脚の変位発生が懸念された。この土留め壁の変形を抑制させるために、首都高側の土留め壁は柱列式地中連続壁よりも芯材間




**写真-1　CSM 工法 施工状況**

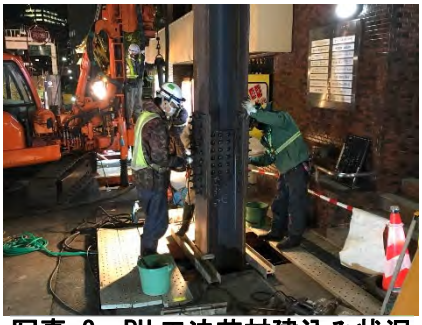


**写真-2　BH 工法芯材建込み状況**

隔を密に配置できることにより剛性の向上が可能な等厚式地中連続壁(H-700×300×13×24@450～500mm)を採用した。なお、施工方法は機械高さが約8.6m と低空頭で、かつ水平多軸回転カッターにより土とセメント系懸濁液を現位置攪拌して壁体造成を行う CSM 工法を採用することとした。施工にあたっては「麻布通りの道路交通を確保しながらの施工となることから、施工ヤードは非常に狭隘であること。」「首都高を走行する車両や周辺の住民に圧迫感を与えない施工機械であること。」「平面線形に折れ点があっても効率的に施工が可能であること」も求められ、CSM 工法はこれらの条件も満足することができた（**写真-1**）。

工事範囲東側についてはオフィスビルが近接しており、このビルへの埋設物が複数地中に存在していたため等厚式地中連続壁の採用は困難であった。そのため、オフィスビル前面の土留め壁については埋設物があっても打設可能な BH 工法による親杭横矢板形式（H-414×405×18×28@1.5m）とした（**写真-2**）。また、再開発用地側については土留め壁背面は工事用地であり背面地盤の許容変位量等の厳しい条件はなかったため、BH 工法による親杭横矢板形式（H-400×400×13×21@1.5m）とした。

**（2）土留め支保工計画**

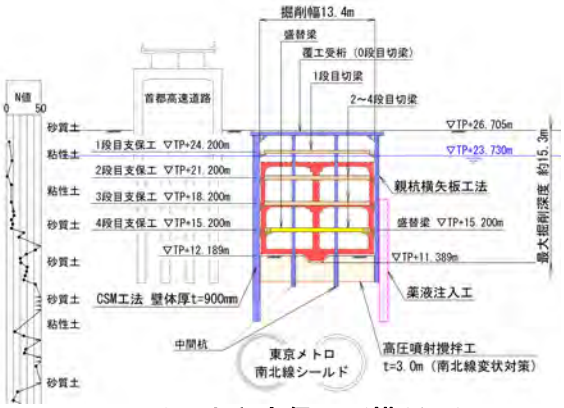



**図-3　土留支保工（横断図）**

**図-3** に最も首都高橋脚に近接する区間の土留支保工の横断図を示す。支保工段数は 5 段（0～4 段目支保工）とした。なお、覆工受桁と腹起しを隅部フラットピースにより接続することで、土留め壁が受ける土水圧を覆工受桁に軸力として伝達させる構造としている。そのため、覆工受桁は、土留め壁に対して切梁としても機能しており、土留め壁頭部の変位抑制の機能を担っている。土留め弾塑性解析（首都高側と民地側の非対称を考慮した解析）により、地下 2 階部の側壁コンクリートを打設後、3 段目支保工（TP＋18.200m）を撤去する際、首都高側土留壁の変位が最大となる。そのため、TP＋15.200m の高さに盛替梁を設け、変位を抑制する計画とした。

**（3）地盤改良計画**

床付け面下は、高圧噴射撹拌工法により底盤改良を行う計画とした。改良の目的は、床付け付近の土留め壁変位の抑制と東京メトロ南北線シールドに対するリバウンドの抑制である。そのため、改良体は強度（変形係数）が高いこと、施工機が小型で狭隘な施工ヤードで使用可能であることが求められた。そこで、大口径（φ3500mm）での改良体の造成が可能で工期短縮も可能となることから、JET CRETE 工法（一軸圧縮強度 qu=3.0 MN/m$^2$、改良率 80%、変形係数 E=912MN/m$^2$）を採用した。掘削底面の安定（盤

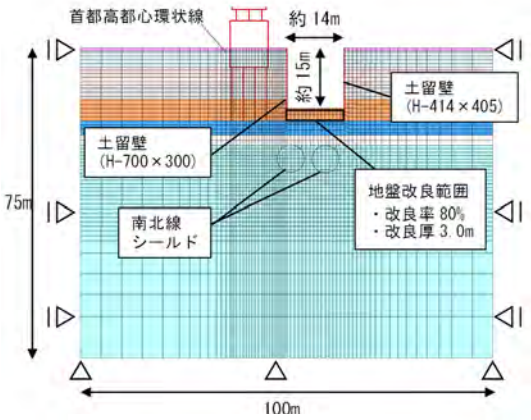



**図-4　FEM 解析モデル図**

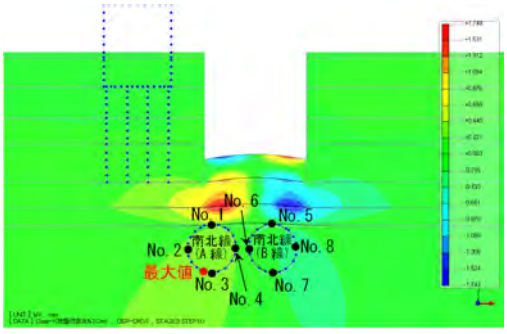



**図-5　FEM 解析水平変位コンター図**

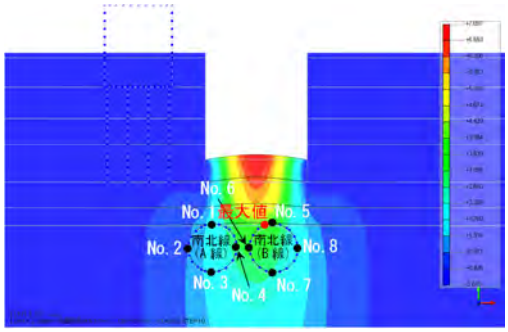



**図-6　FEM 解析鉛直変位コンター図**

ぶくれ）に対する対策は、首都高側についてはソイルセメント壁を粘性土まで貫入させた。また、民地側の土留め壁は親杭横矢板であるため、背面に薬液注入工を実施し注入下端を粘性土まで貫入させる計画とした。

以上の対策を考慮した土留の弾塑性解析により、首都高側土留め壁の変位を算出した。この算出した土留め壁変位量を首都高橋脚と開削部をモデル化した 2 次元 FEM モデルに強制変位として与えることで、首都高橋脚の変位を予測し、首都高橋脚の許容値を超過しないことを確認した（**図-4**）。

併せて、東京メトロ南北線シールドに対してもこれら土留め計画を反映させた 2 次元 FEM 解析を実施した。解析の結果、シールドの予測変位量も許容変位量以内であることを確認した（**図-5,6**）。

実施工においては首都高橋脚および南北線シールドに対して計測管理を行いながら、構造物の健全性を確認し掘削作業・躯体構築作業を行った。

### （4）コンクリート打設計画

コンクリートの打設は打継ぎ部の削減による品質の確保および工期短縮を目的に「下床版部」と「側壁＋床版」の 2 回打設とした（**図-7,8**）。

下床版部のコンクリートは普通コンクリートとし、配合は「24-15-20BB」である。側壁と床版のコンクリートは一度に打設する。そのため、普通コンクリートを使用すると側壁と床版の境界で沈降クラック発生などの懸念があるため、高流動コンクリート（24-65-20M）を採用した。

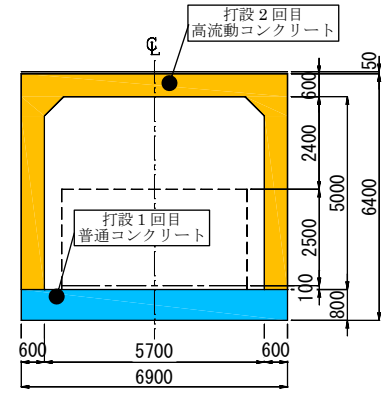



**図-7　打設割図（1 層 1 径間部）**

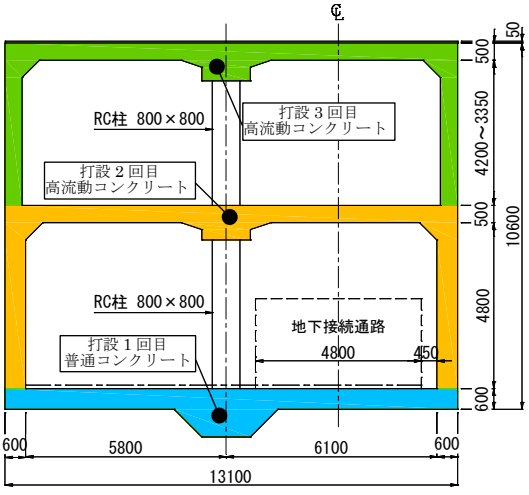



**図-8　打設割図（2 層 2 径間部）**

## 4．非開削部（URT 工法）

工事開始時には本工事範囲全延長において土留め壁を用いた開削工法にて地下通路を構築する計画であった。しかし、現地調査を詳細に行うと、六本木麻布通り交差点直下の区間においては埋設物が比較的浅い位置に輻輳していることが判明した。そのため、開削するために埋設物の移設を行うと協議や移設作業に時間を要してしまうことから**図-1** に示す約 34.5m の範囲においては、それらの協議・作業が不要な非開削工法にて地下通路を構築することとした。

非開削工法は、函体の構築工法により以下の①～③の 3 つに大別される。なお、工法の選定にあたっては下記の条件をすべて満たす必要があった。

・原設計通りの通路線形で施工が可能であること
・到達立坑が不要であること
・道路下への残置物がないこと
・約 8m の土被りに対して本体構造が成立すること

① 支保工トンネル系

パイプルーフで道路下および側面を門型に防護する。支保工および支持杭を設置しながらパイプルーフの下を掘削し、現場打ちで RC 躯体を構築する。
該当する工法：パイプルーフ工法

② エレメント系

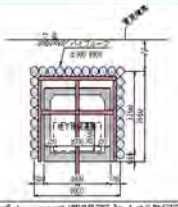
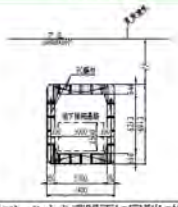
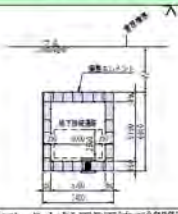
鋼製エレメントを道路下に□型に推進工法で設置する。鋼製エレメント内部にコンクリートを打設して構造物を構築する。その後、函体内部を掘削し、内装を行う。
該当する工法：URT 工法、PCR 工法、HEP&JES 工法

③ 函体系

ルーフで道路下を防護し、けん引用 PC 鋼線を水平ボーリングで設置する。あらかじめ立坑で函体を製作し、所定の位置まで函体をけん引（推進）する。
該当する工法：フロンテジャッキング工法、R&C 工法、SFT 工法

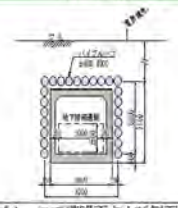
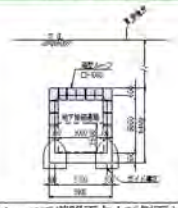
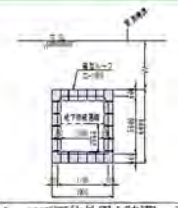
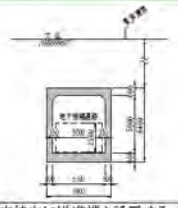
これらの工法比較表を**表-3,4** に示す。これに加えて工程・コストも含めて総合的に比較検討し URT 工法（横締め方式）を選定した。

**表-3　非開削工法　工法比較一覧表**

| 工法 | | 非開削　支保工トンネル | | 非開削　エレメント系 | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | パイプルーフ工法<br>（支保工方式） | | URT工法<br>（横締め方式） | | PCR工法<br>（箱形トンネル形式） | | HEP&JES工法 | |
| 横断図※ | |  | |  | |  | |  | |
| 工法概要 | | ・パイプルーフで道路下および側面を門型に防護する。<br>・支保工および支持杭を設置しながらパイプルーフの下を掘削する。<br>・現場打ちでRC躯体を構築する。<br>・パイプルーフの推進は、機械掘進（密閉型、解放型）、人力掘進となる。 | | ・鋼製エレメントを道路下に口型に推進で設置する。鋼製エレメント内部に高流動コングリートを打設する。<br>・鋼製エレメントをPCで緊張し、PC構造物を構築する。函体内部を掘削し、内装を行う。<br>・エレメント掘進は開放型となる。 | | ・鋼製エレメントを道路下に推進で設置する。<br>・鋼製エレメントを押しぬきながらPCR桁を挿入する。隅角部4か所に設けた作業室エレメント内でPC緊張を行う。<br>・作業室エレメント内に高流動コングリートを打設する。函体内部を掘削し、内装を行う。<br>・エレメント掘進は開放型となる。 | | ・鋼製エレメントをHEP工法で線路下に牽引する。<br>・鋼製エレメントの継手（JES継手）にグラウトを行う。鋼製エレメント内部に高流動コングリートを打設し、本体構造（JES構造躯体）とする。<br>・函体内部を掘削し、内装を行う。<br>・エレメント掘進は開放型となる。 | |
| 本工事への適用 | 通路の平面線形 | 側部ルーフの残置も考慮した平面線形とする必要があり、大きく線形を変更する必要がある。 | × | エレメント推進時、通常発進側と到達側に間口が必要となるが、地中到達の実績があり、当該区域においても、原設計通りの線形で施工が可能である。 | ○ | エレメント推進時に鏡面に間口が必要となるため、落合麻布台ビル前の線形に若干の変更が必要となる。 | △ | エレメント推進時に鏡面に間口が必要となるため、落合麻布台ビル前の線形に若干の変更が必要となる。 | △ |
| | 高土被りへの対応 | 土被り圧に応じてパイプルーフおよび躯体の設計が可能である。また、高土被り下での実績もある。 | ○ | 土被り圧に応じてエレメントの設計が可能である。また、高土被り下での実績もある。 | ○ | 土被り圧に応じてエレメントの設計が可能である。また、高土被り下での実績もある。 | ○ | 低土被りでの施工を想定した工法である。 | △ |
| | 到達立坑の有無 | 到達立坑がなくても対応は可能である | ○ | 到達立坑がなくても対応は可能である。地中到達の実績がある。 | ○ | 到達立坑で鋼製エレメントを引きぬく必要があり、採用は難しい | × | エレメント刃口の回収が必要となる。 | × |
| | 道路下の残置物 | パイプルーフが地中に残置される。 | × | 残置される仮設物はない。 | ○ | 残置される仮設物はない。 | ○ | 残置される仮設物はない。 | ○ |
| 総合評価 | | 線形の大きな変更が必要であり、仮設物が残置される。 | × | 線形の変更は不要であり、施工可能である。 | ○ | 線形の変更が必要となる。 | × | 到達立坑でエレメント刃口の回収ができない。 | × |

※　横断図の寸法はあくまでも参考値であり、設計計算等で決定したものではない

**表-4　非開削工法　工法比較一覧表**

| 工法 | | 非開削　函体系 | | | | 非開削　矩形推進 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | フロンテジャッキング工法<br>（相互牽引方式） | | R&C工法<br>（BR（牽引）工法） | | SFT工法 | | ボックス推進工法 | |
| 横断図※ | |  | |  | |  | |  | |
| 工法概要 | | ・パイプルーフで道路下および側面を防護し、牽引用のPC鋼線を水平ボーリングで設置する。<br>・あらかじめ両側の立坑で函体を製作する。<br>・反対側の函体を反力として、フロンテジャッキにより函体を相互牽引し、函体前面の土砂を掘削しながら所定の位置で接続する。<br>・箱形ルーフ推進は、人力掘削となる。 | | ・箱形ルーフで道路下および側面を防護し、牽引用のPC鋼線とガイド導坑を設置する。<br>・あらかじめ立坑で函体を製作する。<br>・反力体を反対側の立坑で製作し、箱形ルーフを押抜きながら函体をジャッキで牽引する。<br>・函体前面の土砂を掘削しながら函体牽引を行う。<br>・箱形ルーフ推進は、人力掘削となる。 | | ・箱形ルーフで函体外周を防護し、牽引用のPC鋼線を水平ボーリングで設置する。<br>・あらかじめ立坑で函体を製作する。<br>・反力体を反対側の立坑で製作し、箱形ルーフを内部の土砂と一緒に押抜きながら函体を牽引する。到達側に押出された箱型ルーフと土砂を撤去する。<br>・箱形ルーフ推進は、人力掘削となる。 | | ・発進立坑内に推進機を設置する。推進機の後方にプレキャストボックスをセットする。<br>・背面地山を反力にして、プレキャストボックスを所定の位置まで推進設置する。 | |
| 本工事への適用 | 敷地境界との離隔 | 側部ルーフの残置も考慮した平面線形とする必要があり、大きく線形を変更する必要がある。 | × | 躯体の大きさは原設計通りとなるが、箱形ルーフの施工時において、鏡面に間口が必要となるため、若干の線形変更が必要となる。 | △ | 躯体の大きさは原設計通りとなるが、箱形ルーフの施工時において、鏡面に間口が必要となるため、若干の線形変更が必要となる。 | △ | 躯体の大きさは原設計通りとなるが、推進時において、鏡面に間口が必要となるため、若干の線形変更が必要となる。 | △ |
| | 高土被りへの対応 | 土被り圧に応じて箱形ルーフおよび躯体の設計が可能である。また、高土被り下での実績もあるが、推進設備が過大になる。 | △ | 土被り圧に応じて箱形ルーフおよび躯体の設計が可能である。また、高土被り下での実績もあるが、推進設備が過大になる。 | △ | 土被り圧に応じて箱形ルーフおよび躯体の設計が可能である。また、高土被り下での実績もあるが、推進設備が過大になる。 | △ | 土被り圧に応じて躯体の設計が可能である。また、高土被り下での実績もあるが、推進設備が過大になる。 | △ |
| | 到達立坑の有無 | 両側の立坑からの函体推進が必要となるため、採用は不可能。 | × | 到達立坑で箱形ルーフの回収が必要となる。 | × | 到達立坑で箱形ルーフの回収と土砂掘削が必要となる。 | × | 到達立坑で推進機の回収が必要となる。 | × |
| | 道路下の残置物 | パイプルーフが地中に残置される。 | × | 残置される仮設物はない。 | ○ | 残置される仮設物はない。 | ○ | 残置される仮設物はない。 | ○ |
| 総合評価 | | 函体推進が両側の立坑から行えないため不採用。 | × | 到達立坑で箱形ルーフの回収ができない。 | × | 到達立坑で箱形ルーフの回収ができない。 | × | 到達立坑で推進機の回収ができない。 | × |

※　横断図の寸法はあくまでも参考値であり、設計計算等で決定したものではない

### （1）URT 工法の施工ステップ

URT 工法（横締め方式）は鋼製のエレメントを箱形に配置し、エレメント直角方向に PC ケーブルを挿入し、エレメント内にコンクリートを注入する。その後、PC ケーブルにプレストレスを導入してボックスカルバートを構築するものである。立坑構築後からの施工フローを**図-9** に示す。

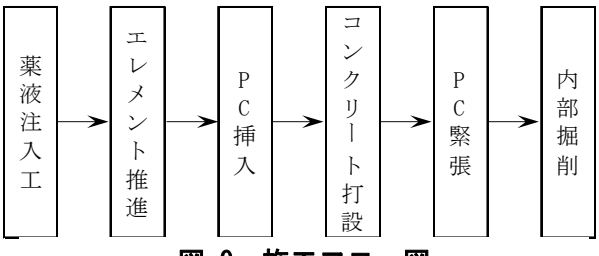



**図-9　施工フロー図**

### （2）薬液注入工法の採用

エレメントの推進は、刃口解放型の人力掘削により行う。そのため、エレメント前方切羽面の自立性および止水性の確保は、施工時の周辺地盤への影響低減および作業員の安全確保の面からも重要なものである。これらを確保するために、エレメントの施工範囲に薬液注入工を実施した。施工法は二重管ス

トレーナ工法とし、砂層を注入対象層とした。施工は発進立坑・到達側双方から水平および斜方注入により行った。なお、発進側坑口部の止水改良は、薬液注入のための削孔により地山が乱れている可能性があることを懸念して、止水の品質をより確保することを目的に高圧噴射攪拌工法（OPT ジェット工法）とした。注入範囲図を**図-10** に示す。

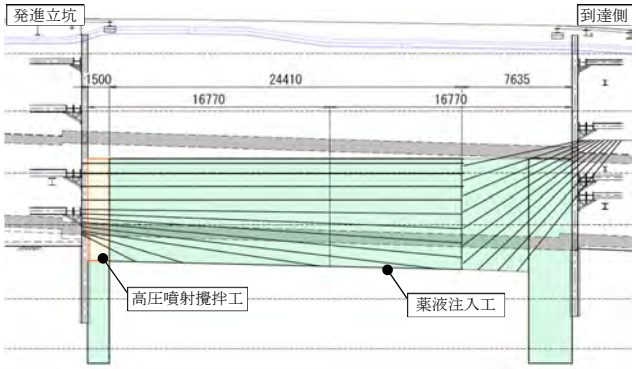



**図-10　薬液注入範囲図**

### （3）エレメント推進

エレメント推進の出来形がそのまま地下通路の出来形に直結するため、エレメントの推進作業は線形の微修正が可能となる人力での掘進とした（**写真-3**）。エレメント推進の順序は**図-11** に示すように上床版の基準管から開始し、側部⇒下床版の順で行った。基準管では推進ごとに通り・高低ともに施工精度（L/500）以内であることを都度確認しながら施工を行った。また、上床版・側壁・下床版のそれぞれのエレメント推進が完了した段階で周囲の地山のゆるみによる地表面沈下を防止するためエレメントに設けた注入孔から裏込め注入を行った。



**写真-3　人力掘削状況**

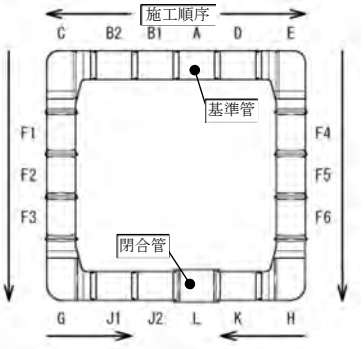



**図-11　エレメント施工順序**

### （4）エレメントの到達方法

当初計画の現場打ち躯体の壁厚は 600mm であったが、URT 躯体に変更したことでエレメント内部での人力掘削が可能となるように内空を確保する必要があり、側壁厚が 850mm となった。到達側は官民境界との離隔が狭くエレメントを到達立坑内に貫入させる通常の施工は困難であったため、エレメントを到達側裏側土留め壁手前で止める計画とした（**図-12**）。エレメントと妻側土留め壁間の上部地山の抑えは、到達側から放射状にパイプルーフ φ400 を設置した（**図-13,14、写真-4**）。これにより、エレメント端部と到達側との間に作業空間を設けることができ、安全な躯体構築作業を可能とした。

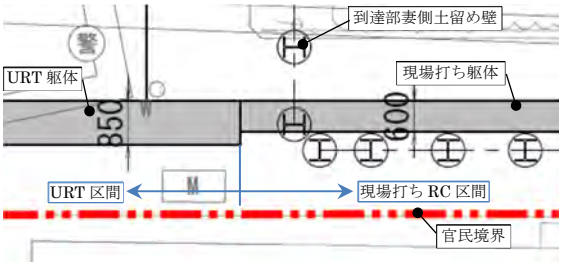



**図-12　到達側計画図（平面）**

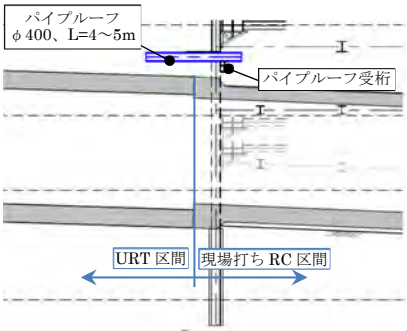



**図-13　パイプルーフ設置縦断図**

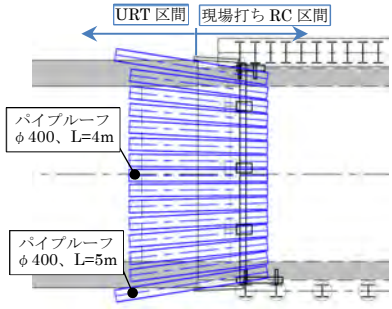



**図-14　パイプルーフ設置平面図**



**写真-4　パイプルーフ設置状況**

### （5）高流動コンクリートの打設

PC ケーブルをエレメント内に挿入したのちに、高流動コンクリートを打設しエレメント内を充填する。コンクリートの流動距離は約 34.5m となり、指針[1)]の適用範囲から外れるが、過去事例などから配合を設定して発進側から片押しする施工とした。なお、側壁部のコンクリート打設は打設量が多いため、中間部に仕切り板を設けて 2 回に分割して打設した。

エレメント端部のコンクリート止め枠は、セパ・

根太・大引きを用いた型枠形状として、コンクリートの液圧および圧送圧を考慮して設計を行った（**写真-5**）。

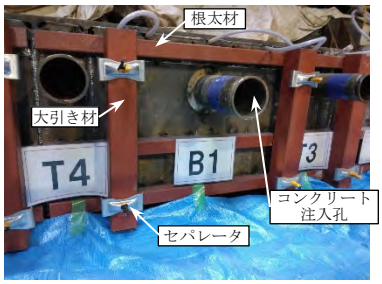



**写真-5　コンクリート止め枠**

### （6）PC 緊張

高流動コンクリート打設後、圧縮強度が所定の強度以上であることを供試体にて確認し、PC ケーブル（計 242 本）に 800kN の油圧ジャッキを用いてプレストレスを導入する。PC 緊張の管理はケーブルの引張力と伸び量をそれぞれ管理することとして**表-5** に示す値を満足したことを確認して緊張を完了した。これらの作業を行った隅角部の 4 つのエレメントは PC 緊張後に高流動コンクリートを打設して充填した。

**表-5　PC 緊張管理表**

| 一般部 | | 単位 | |
|---|---|---|---|
| 上床版 | 圧力計示度 | Mpa | 59.0（以上） |
| | 伸び量 | mm | 37.0（以上） |
| 側壁 | 圧力計示度 | Mpa | 59.0（以上） |
| | 伸び量 | mm | 33.3（以上） |
| 下床版 | 圧力計示度 | Mpa | 59.0（以上） |
| | 伸び量 | mm | 36.8（以上） |




**写真-6　PC 緊張作業状況**

### （7）内部掘削

PC 緊張完了後、函体内部を掘削する。バックホウを用いて函体を損傷させないように慎重に掘削した。内部の地山は安定勾配を確保するように掘削した（**写真-7**）。



**写真-7　函体内部掘削状況**

## 5．開削部（PCa ボックス）

開削工法によって掘削し、PCa ボックスを組み立てて躯体を構築する範囲である。この範囲は URT 工法の発進立坑として使用していたエリアであり、推進設備を解体後に現場打ち RC 躯体構築のための鉄筋・型枠の組立、コンクリート打設の作業をすると工期を要してしまう。そのため、工事による周辺交通への影響を低減させること、さらに工期短縮を目的に PCa ボックス組立による地下通路の構築を行った（**図-15**）。

### （1）PCa ボックスの概要

PCa ボックスの外形寸法は幅：6.9m、高さ 6.4m であり、1 リング当たりの奥行は 1.0m である。当該箇所の地下通路の構築には、この PCa ボックスを 20 リング分組み立てる必要がある。1 リングは下床部、左側壁部、右側壁部、上床部の 4 ピースで構成されており、これらのピースを工場にて製作し、現場に搬入する。その後、ピース材をクレーンにて路面覆工下に吊り降ろし、その場でリングを組み立てる。その後、所定の位置にリングを設置するためにジャッキを用いて移動させ地下通路を構築した。

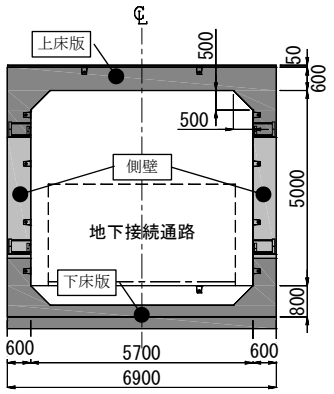



**図-15　PCa ボックス断面図**

施工エリアは埋設管の吊り防護や土留め支保工などが多数存在しており、路面覆工下はとても狭隘である。また、構築する地下通路の平面形状は直線であるが、縦断線形はスロープ部とフラット部を有した縦断に勾配のある線形となっている（**図-16**）。これら複雑な現場条件のもとで PCa ボックスの組立および設置を行った。

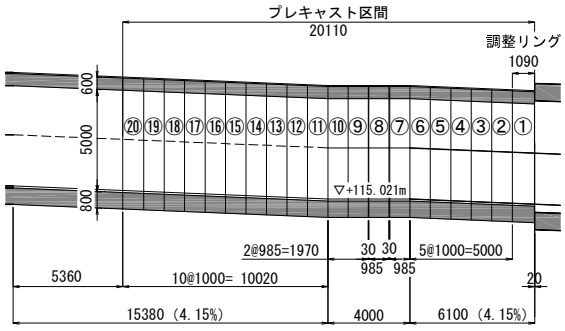



**図-16　PCa ボックス施工区間縦断図**

### （2）事前準備、現状確認

PCa ボックス組立範囲は切梁や腹起し、埋設管吊り防護が存在しており、この狭隘な空間において PCa ボックスの組立作業が可能であるか事前にシミュレーションを行った。現地の状況を 3 次元測量にて計測し、現場内の現状把握を行った。その測量結果を 3 次元データにし、実際の PCa 部材の投入方法や投入角度、部材を回転させるタイミングなどの吊

り降ろしの作業手順を**図-17** に示すように検討・シミュレーションを行った。

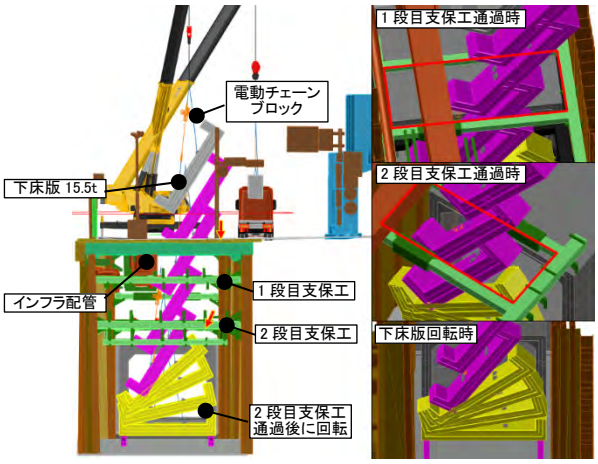



**図-17　吊り降ろし検討シミュレーション**

### （3）PCa ボックスの投入・組立

PCa ボックスの立坑内への投入前に、土留め支保工部材との接触を防止するために**写真-8** のような養生材の設置を行った。




**写真-8　養生材設置状況**

トレーラーにて搬入された PCa 部材を 85t ラフタークレーンにより揚重し、立坑下に吊り降ろした（**写真-9**）。

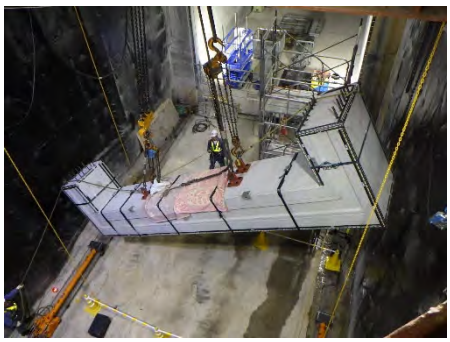


**写真-9 下床版吊り降ろし状況**

土留め支保工や埋設管などの障害物が存在するため、電動チェーンブロックを用いてワイヤーの長さを調整することで障害物との接触を避けた。部材は、「下床版」「側壁（左右）」「上床版」の順に吊り降ろし、立坑下でリングを組み立てた。転倒などの防止のため、それぞれの部材組立後には、部材間に仮固定用部材を取付けた。

### （4）PCa ボックスの移動

ボックスの組立作業完了後、移動作業を実施した。移動に際しては以下のものを使用した（**図-18**）。

・H 鋼クランプジャッキ：PCa を推進する際に使用。
・チルプール：PCa をけん引する際に使用。
・レバーブロック：PCa の移動補助として使用。
・チルクライマー：PCa 上床部に設置（ブレ止め）。

これらを設置後に立坑下の基礎コンクリート内に埋込み設置した H 鋼ガイドレールに摩擦低減剤を塗布し、移動作業を開始する。投入開口および PCa の最終据付け位置の関係からボックスの移動は推進とけん引を使い分けて所定の位置に据付けを行った。

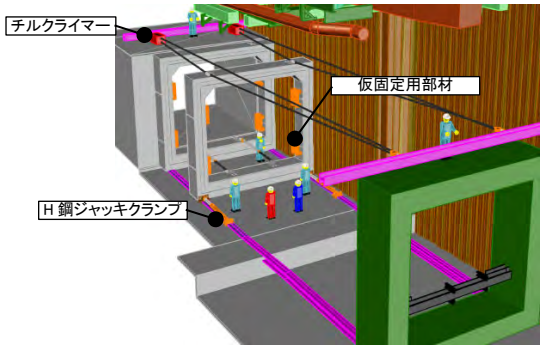



**図-18　ボックス移動作業イメージ図**

### （5）ピース間およびリング間の止水

ピース間およびリング間にはそれぞれ以下に示す止水材を設置した。ボックス組立時またはボックス移動時にこれら止水材を押し潰すことにより止水機能を保持させた。

・ピース間：合成ゴム発泡体
・リング間：水膨張ウレタンシール

## 7．まとめ

隣接する交通インフラや第 3 者に対して大きな影響を与えることなく施工を進めている。2023 年 10 月時点で埋戻しを実施中である。本稿が類似工事の参考となれば幸いである。

## 参考文献

1) 土木学会：高流動コンクリートの配合設計・施工指針【2012 年版】，コンクリートライブラリー136，p130，2012

2) 榎谷ら：虎ノ門・麻布台地区第一種市街地再開発事業に伴う六本木一丁目駅連絡通路設置工事における URT 及びプレキャスト工法採用による工事計画，第 77 回年次学術講演会，VI-541,2022

3）上嶋ら：URT 工法による地下通路の築造,第 78 回年次学術講演会,VI-689,2023

4）幸田ら：延長 34.5m の URT 工法における充填コンクリートの打設第 78 回年次学術講演会,VI-690,2023

5）新田ら：首都高速道路橋脚近接箇所における CSM 工法による開削工事,第 78 回年次学術講演会,VI-1086,2023