

横浜北西線における大断面泥水式 シールドトンネルの高速施工

森 健太郎・櫻井暁人

1. はじめに

首都高速道路は、東京・神奈川・埼玉・千葉の一都三県にまたがる首都圏の道路交通を支える重要な交通インフラである。その歴史は、1962年に京橋～芝浦間4.5kmが日本初の都市内高速道路として開通したのに始まり、1964年の東京オリンピック開催時には羽田とオリンピック会場を結ぶ路線約33kmが建設された。その後、都心環状線と放射路線の整備、都市間高速道路との接続、湾岸線や中央環状線などが整備され、2017年3月の高速神奈川7号横浜北線（以下「横浜北線」という。）、2018年3月の高速10号晴海線（晴海～豊洲間）の開通により約320kmのネットワークを形成するに至った（図-1）。

今年は「2020年東京オリンピック・パラリンピック競技大会」が開催される年である。五十数年前と同じく、大会成功のカギを握るのは選手及

び関係者を安全・確実に、定時制をもって輸送するための効率的な道路交通システムの構築である。

本稿はその一翼を担う存在である2020年3月開通予定の高速神奈川7号横浜北西線（以下「横浜北西線」という。）の概要及び地下構造部の紹介である。

2. 横浜北西線の概要

戦後、地方からの流入で横浜市の人口は急増した。横浜市内の自動車交通も高度経済成長とともに増大し、保土ケ谷バイパスや周辺道路への交通集中により、交通利便性や市内の経済活動に影響が及んでいた。

そのため、横浜の都心から半径10～15kmを環状に結び、横浜市の道路ネットワークの骨格を形成する「横浜環状道路」が計画された。

横浜北西線は、その環状道路の北側区間に位置する横浜北線と直結し、東名高速道路と第三京浜道路を結ぶ延長約7.1kmの自動車専用道路である。そのうち約4.1kmがトンネル構造となっており。換気所は北八朔換気所と東方換気所の2箇所、出入口は横浜青葉、横浜港北ジャンクションの付近の2箇所である。

横浜北西線の完成により、2017年3月に開通した横浜北線と一体となり、東名高速道路と新横浜都心（陸）、横浜港（海）及び羽田空港（空）が直結してネットワークが強化され、国際競争力の向上が期待される。また、災害時などの道路ネットワークの信頼性向上、アクセス性の向上・物流効率化及び保土ケ谷バイパスなどの交通渋滞の改善・沿線地域の生活環境の改善などの整備効果が期待される。横浜北西線は横浜市と首都高速道路株式会社（以下「首都高(株)」という。）等が2003年度よりパブリックインボルブメント手法を導入し、構想段階から市民などのみなさまに情報提供しつつ広くご意見を伺いながら、ルートや構造などについて検討を行い、2005年8月に「概

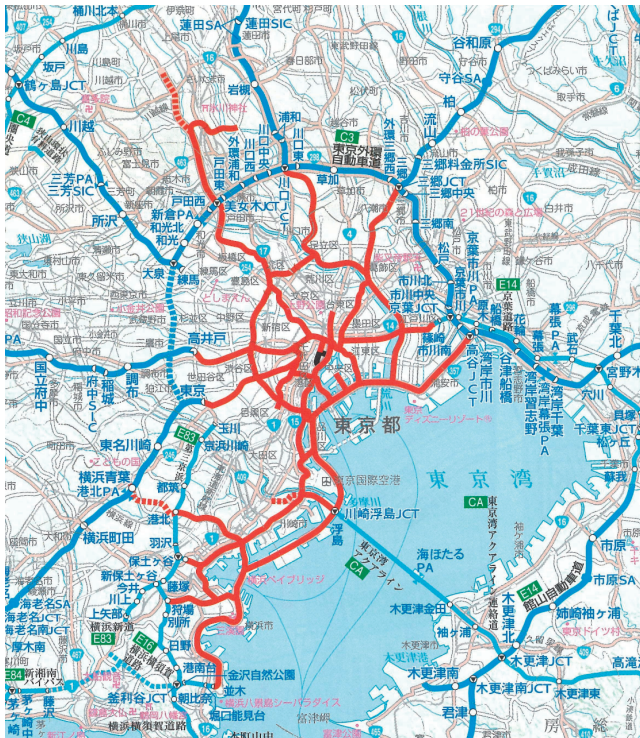


図-1 首都高速道路のネットワーク

略計画」を公表した。「概略計画」策定後、法に基づき都市計画及び環境影響評価の手続きを進め、2011年3月に都市計画決定され、横浜市と首都高(株)により事業が進められてきた。

事業化された時点での完成予定は、2021年度末であったが、用地取得が早期に完了したこと、後述するシールド区間の施工法の工夫などにより、事業工程の2年短縮を実現した。

横浜北西線の概要を図-2及び表-1に示す。

表-1 横浜北西線の事業概要

都市計画道路名称	1・4・8号 高速横浜環状北西線
起点	青葉区下谷本町(東名高速道路 横浜青葉IC)
終点	都筑区川向町(第三京浜道路 港北IC)
延長	約7.1km 高架部 約2.3km トンネル部 約4.1km 土工部 約0.7km
出入口	横浜青葉IC (既存の料金所を介して国道246号等に接続) 港北出入口(出入口を新設)
接続する道路	東名高速道路(東京方面・名古屋方面) 第三京浜道路(玉川方面・保土ヶ谷方面)、 高速神奈川7号横浜北線(生麦方面)
道路構造	往復4車線、設計速度60km/h
事業者	横浜市、首都高(株)

3. 横浜北西線の地下構造

図-3にトンネル区間の地質縦断図を示す。トンネルが構築される深度の土質は、大部分がN値50以上の上総層群泥岩(Km層)、上総層群砂質土(Ks層)の互層になっている。トンネル区間のうち約3.9kmがシールド工法で構築され、途中2箇所に横坑(図-3中赤枠囲い部)があり、非開削でセグメントを切開いて構築する。緑区北八朔町の発進立坑及び都筑区東方町の到達立坑付近にはそれぞれ、北八朔換気所、東方換気所があり、換気所と立坑が地中ダクトで接続されている。

なお、横浜北西線のトンネル区間は横浜市の事業区分であり、青葉行シールドと横坑①を横浜市が発注し、港北行シールドと横坑②は首都高(株)が横浜市から受託し工事を行った。また、発進・到達立坑工事は横浜市が発注し、立坑内部構築工事は首都高(株)が横浜市から受託し工事を行った。

3.1 シールドトンネル区間

横浜北西線のシールドトンネルは、延長約3.9km、セグメント外径12.4mの長距離大断面併設トンネルである。2台の泥水式シールド機を用いて、両シールド共に北八朔発進立坑から東方到達立坑に向けて掘進を行った。併設トンネルの離隔は約6mである。土被りは7.7m～66.5mで最大水圧は0.6MPaである。縦断勾配は発進時は下り

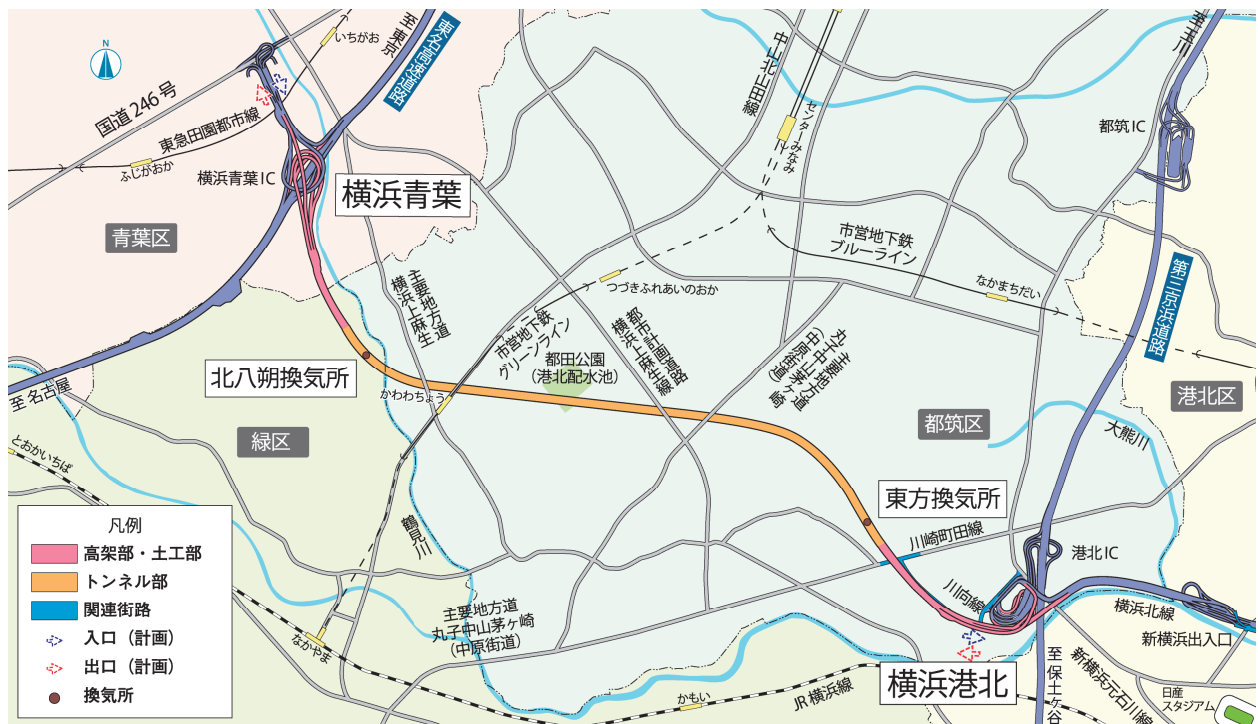


図-2 横浜北西線の事業概要図

5%勾配で、鶴見川を越えると上り0.3%となり、到達立坑に向けて上り3%となる。最小曲線半径は $R=550$ で両シールドとも中折れ装置を有する。

発進立坑は土留壁にFFU（**F**iber **r**einforced **F**oamed **U**rethane）部材、立坑躯体にはNOMST（**N**obel **M**aterial **S**hield-cuttable **T**unnel-wall **S**ystem）、到達立坑は土留壁にSZパイル、立坑躯体にはNOMST部材を用いて、いずれも仮壁切削工法を採用した。

3.1.1 RCセグメント

RCセグメントは外径12.4m、厚さ450mmで、厚さ／外径＝3.6%である。セグメント幅は高速施工への対応として2000mmを採用している。セグメント間継手にはコーンコネクタ、リング間継手にはスクリューボルト継手を用いて内面平滑構



写真-1 RCセグメント工場仮組み状況

造としている。

トンネル火災への対応としてポリプロピレン繊維をコンクリート中に混入し、RABT火災曲線による耐火実験により耐火性能の検証を実施している。写真-1に工場での仮組み状況を示す。

3.1.2 道路床版

供用後車両が走る床版部は青葉行がプレキャストPC床版（L:2000mm×W:8350mm）、港北行が合成床版（L:2350mm×W:8350mm）を採用した。

3.2 横坑

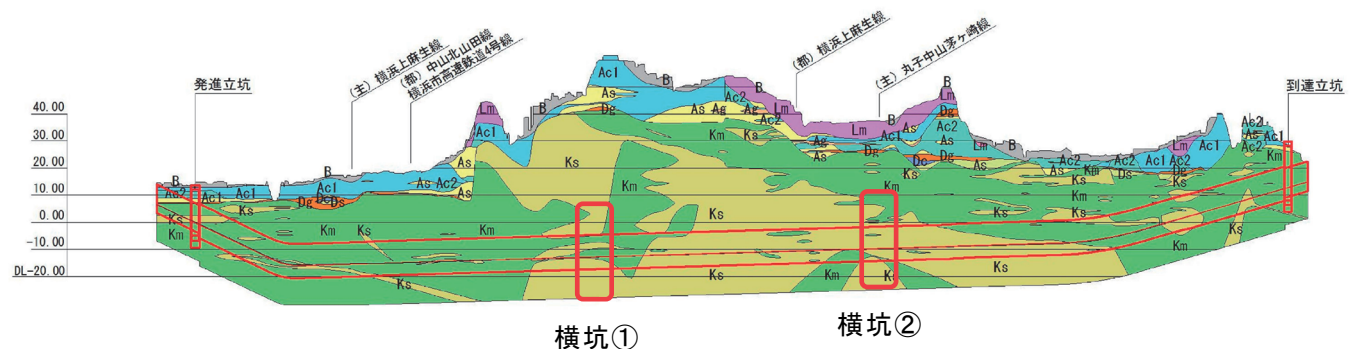
前述したとおり、横浜北西線では災害発生時における緊急車両の到達時間短縮を目的として、青葉側坑口から1.4km付近と2.4km付近の2箇所に青葉行と港北行の2本のトンネルを接続する横坑を2箇所設ける

横坑の内空はセミトレーラ級の車両の走行を想定し、高さ5m×幅8.4mで計画されている。本線トンネルを切開きにより大型開口を設けるため、高剛性・高耐力の合成セグメントを基本とし、切開き部とその周囲のセグメントは施工性を考慮して鋼製セグメントを採用している。

以下、青葉行と港北行それぞれについて概要を紹介する。

3.2.1 横坑①（青葉側）

横坑①の構造概要を図-4に示す。横坑の躯体は、本線トンネルとの接続部には施工誤差に対応しやすい鋼製セグメント、中間部には六面鋼殻合成セグメントで構成されている。横坑①の施工は、以



地質時代	第四紀									
	完新世					更新世				
地層名	盛土層	沖積層				ローム層	洪積層			上総層群
土質名	人工土	粘性土 (粘土)	粘性土 (シルト)	砂質土	礫質土	ローム	粘性土	砂質土	礫質土	泥岩層 砂岩層
記号	B	Ac1	Ac2	As	Ag	Lm	Dc	Ds	Dg	Km Ks

図-3 トンネル区間の地質縦断面図

下の手順で実施した。

Step1:トンネル内部より薬液注入を実施した後に
躯体外周部に直線パイプルーフを打設する。開口
補強桁と内部支保工を設置した後、パイプルーフ
を利用して凍土を造成する。

Step2:本線シールドに開口を設け、開口部から刃
口シールドにより掘削を行い、接続部に鋼製セグ
メント、続いて六面鋼殻合成セグメントを組立て
る。

Step3:刃口シールドが到達したら、港北行シールドと止水溶接で接続し、到達側のセグメントに開口を設ける。

Step4:到達側の接続部に鋼製セグメントを組立て

て六面鋼殻合成セグメントと連結する。

図-5に概略施工ステップを示す。

3.2.2 横坑②（港北側）

横坑②の構造概要を図-6に示す。本線シールドの開口補強として上下に梁補強部材（BH-1500×1000）、開口側部の左右に円弧状柱補強部材（BH-385×300）を3本ずつ配置し、本体鋼製枠としてBH-1000×600を四角く配置し、コンクリートで巻立てている。

横坑②の施工は以下の手順で実施した。

Step1:トンネル坑内及び地上より止水のための薬液注入を行う。

Step2:内部支保工を設置した後に、トンネル内か

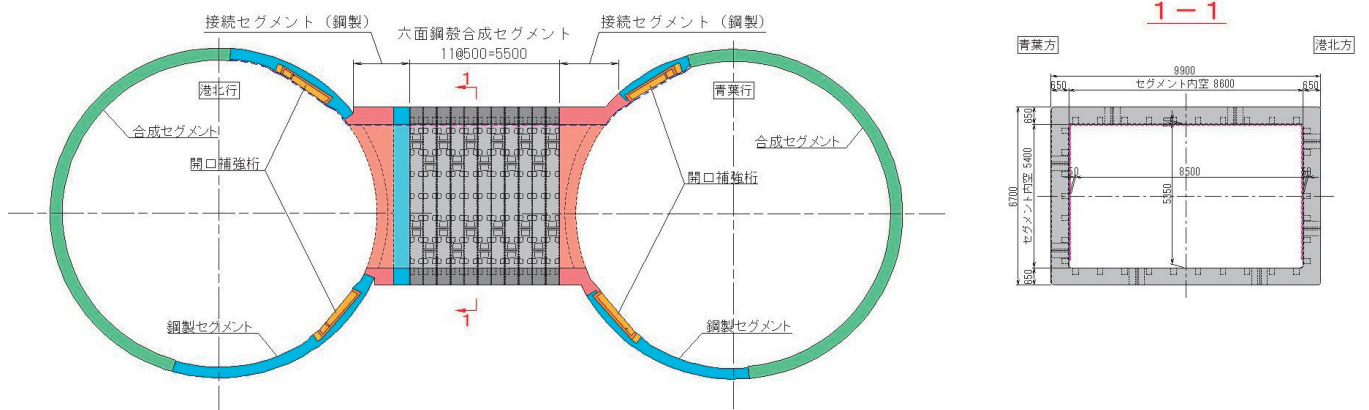


図-4 横坑①構造概要

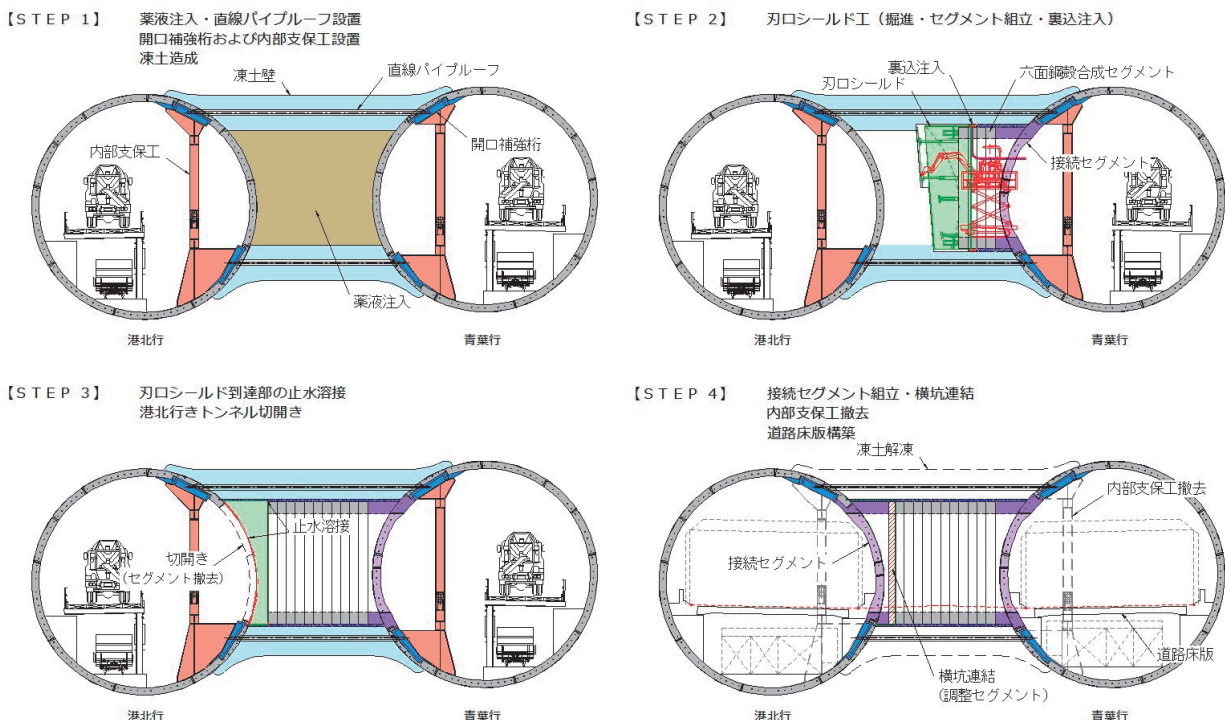


図-5 横坑①施工ステップ図

ら上部に曲線パイプルーフ、側部に直線パイプルーフを打設する。

Step3:トンネル間を掘削する。

Step4:開口補強部材と本体鋼製枠を設置し、巻立コンクリートを打設する。

図-7に概略施工ステップを示す。

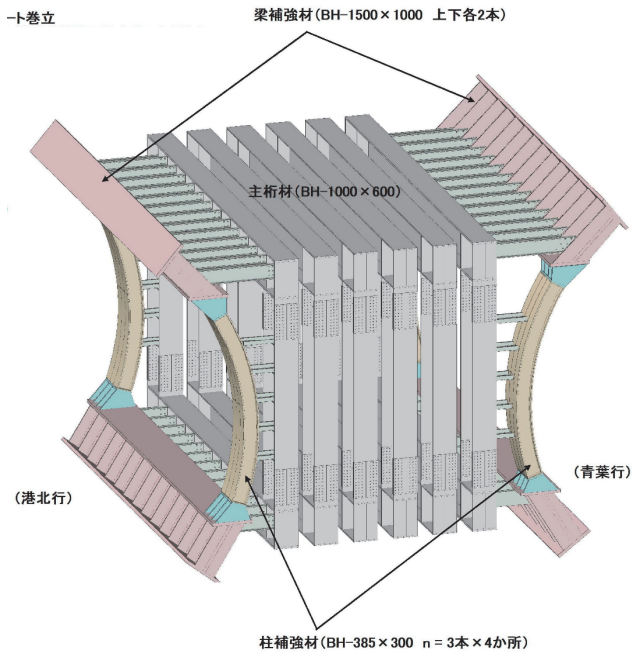


図-6 横坑②構造概要

4. 工程短縮・工程遵守の取組

横浜北西線は早期整備が求められている路線であり、工事発注前はもちろん、工事発注後においても様々な工程短縮・工程遵守に取り組んでいる。

本項では各工種に応じて実施した工程短縮・工程遵守の取組を紹介する。

4.1 掘進同時組立などによるシールド施工速度の向上

掘進作業において①準備→②掘進→③セグメント組立→④配管延長の作業のうち、②と③の作業の一部を同時に行い、さらにエレクトラ回転速度の高速化及びジャッキ速度の高速化により、1リングあたりの標準作業時間を約20%短縮した。

4.2 シールドプラント設備などの増設によるシールド施工速度の安定化

シールド工事においては掘削土の安定した処理が必須である。泥水式シールドである本工事ではマシン後方の後続台車に設置する排泥ポンプを通常1台のところ2台直列配置することで輸送能力を向上させた。また、一次処理や二次処理のフィルタープレスを増設し、掘削土のうち砂分が100%や粘土分が100%などの想定外の土質でも計

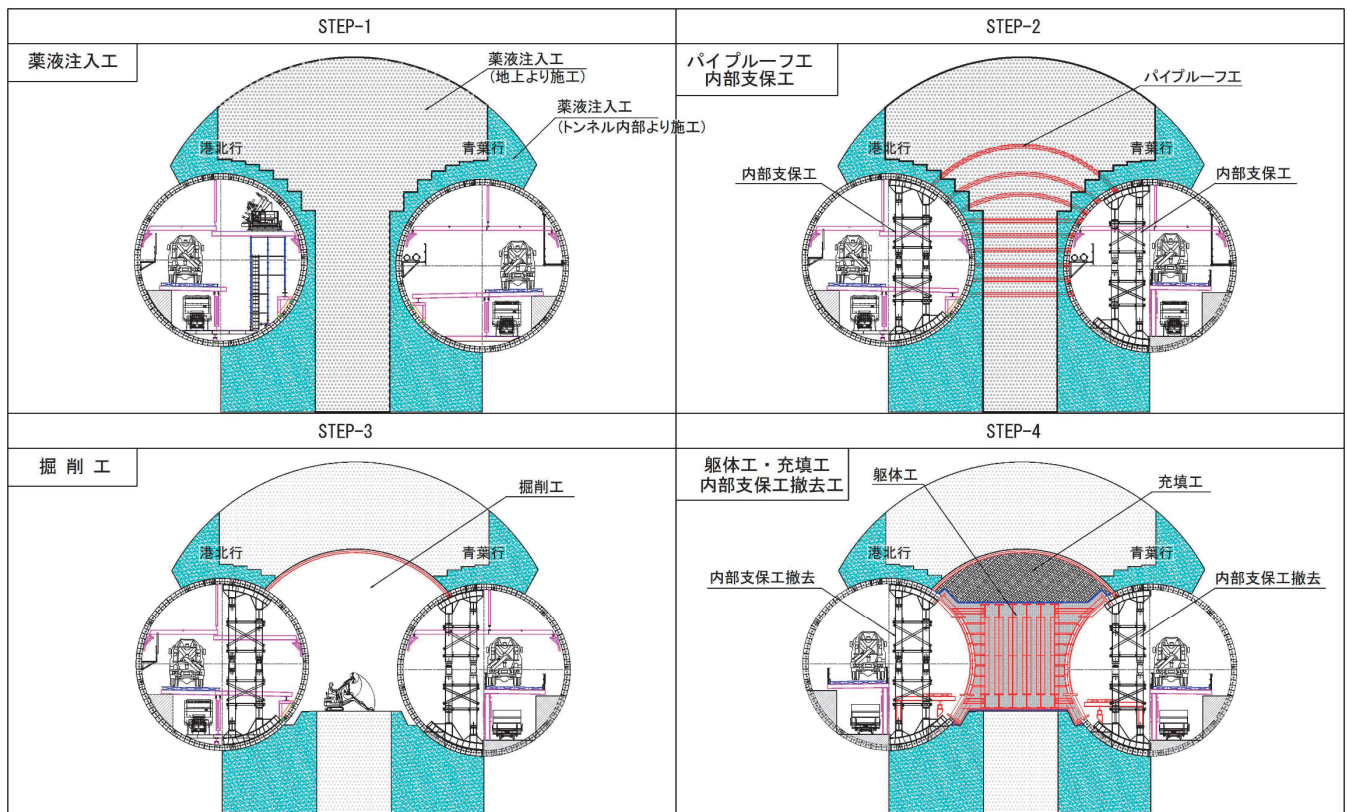


図-7 横坑②施工ステップ図

画最大施工量の24m/日に対応可能な設備能力を確保した。さらに土砂搬出が出来ない日でも施工が可能となるよう土砂ピット容量を必要容量の1.5倍確保した。

4.3 安定的な発生土の処分

特に都市内で大断面シールド工事を行う際には発生土の処分がシールドの施工速度を決めてしまう場合がある。本工事でも2台のシールド機が施工している間、発生土量は最大で約7,000m³/日に及んだ。この土量に対して建設発生土を広域に工事間で流用し、建設汚泥は自ら利用制度や個別指定制度を活用して、全20箇所もの搬出先を確保することにより、安定的な処分を可能とした。

4.4 タイヤ式セグメント搬送台車の採用などによる後続作業の早期着手

セグメントの搬送にはタイヤ式搬送台車MSV (**M**ulti-**S**ervice **V**ehicles) を採用した。MSVの採用により、軌道方式で必要となる軌条の設置撤去作業が不要となる。また、軌道方式だと搬送台車のすれ違い箇所が、固定となってしまうがMSVは自由な箇所ですれ違いが可能なため、計画的にすれ違い箇所を移動させることにより、通常シールド掘進完了後に作業していた設備工事などの後続工種の早期着手を実現した。

なお、横浜北線でも実施したシールド施工と道路床版施工も並行作業とした。

4.5 RCセグメント

前述の通り、RCセグメントについては、幅2mの幅広セグメントを採用することで、組立リング数を減らしている。また、ワンパス型の内面平滑継手の採用により組立時間そのものも短縮し、シールド施工後のボルトボックスの間詰め作業も省略した。

また、RCセグメントにPP繊維を混入し耐火性を持たせることにより、後工程となる耐火工を省略可能とした。

4.6 プレキャスト製品の活用

安定的な品質管理、坑内作業工数の低減を目的として、シールドのインバートや道路床版にもプレキャスト製品の活用を図り、工程遅延リスクの回避にも寄与した。

また、立坑の内部構築においてもプレキャストRC床版を採用した他、頂版などにプレキャスト型枠を積極的に採用し、頂版打設時のプレキャスト型枠を吊構造とすることで、支保工の設置・撤去作業及び型枠の撤去作業の削減を行い、コンクリート打設後の頂版下作業の早期着手を実現できた。

5. まとめ

横浜北西線の概要について地下構造を中心に紹介してきた。延長3.9kmのシールドトンネルの掘削は前項で示した各種取組により約17箇月という短期間で完了し大断面泥水式シールドでは世界トップクラスの速度である最大月進450mを実現した。

また、トンネル延長など状況が異なることから単純比較は出来ないが、横浜北線がシールドの到達から開通まで約36箇月要したのに対し、後続作業の早期着手などにより、横浜北西線ではわずか19箇月で開通可能となる大幅な工程短縮を成し遂げた。

今回紹介した各種取組が今後の工事の参考になれば幸いである。

最後に、ここまで順調にこの大プロジェクトを進めてこられたのは、ひとえに地元の方々や関係者の方々の協力があつてのことであり、あらためて、深く敬意と感謝の意を表する。

森 健太郎



首都高速道路(株)神奈川
建設局設計課課長
MORI Kentaro

櫻井暁人



横浜市道路局横浜環状
北西線建設部横浜環状北
西線建設課設計施工担当
課長
SAKURAI Akihito