

地盤凍結とパイプルーフを併用した刃口シールド工法による横坑接続の設計と施工

横浜市道路局 非会員 門上 剛士
(株) 安藤・間 正会員 ○岩崎 広幸

1. はじめに

横浜環状北西線は、東名高速道路（横浜青葉 IC）と第三京浜（港北 IC）を結ぶ延長約 7.1km の自動車専用道路である。このうち約 3.9km はシールドトンネル（外径 $\phi 12.4\text{m}$ 、内径 $\phi 11.5\text{m}$ ）であり、青葉行（横浜市発注）・港北行（首都高発注）の 2 本のトンネルが約 6.5m の離隔で並走している。青葉側の発進坑口から 1.4km 付近と 2.4km 付近の 2 ヲ所に横坑（Uターン路）が設けられており、横浜市発注の発進坑口側（Uターン路①）について担当した。本報は、高度技術提案に基づき実施した地下 60m の高水圧下における横坑の設計と施工方法について報告するものである。



図-1 路線概要図

2. 構造概要

Uターン路は、設計車両としてセミトレーラー級の車両を想定した高さ 5m×幅 8.4m の大型の内空断面で計画されていた。本線トンネルは切開きにより大型の開口が設けられるため、高剛性・高耐力の合成セグメントを基本とし、切開き部および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とした。開口部の補強構造は、切開きにより欠円となるリングの先端を支持するトンネル軸方向の桁（補強桁）と補強桁両端の支点部を形成するトンネル周方向の柱で構成される。構造概要を図-2 に示す。横坑は本線トンネルとの接続部も含め全て工場製作のセグメントにより構築した。中間部の六面鋼殻合成セグメントを標準構造とし、本線トンネルとの接続部に用いる接続セグメントはシールド施工誤差等に対応しやすい鋼製としている。六面鋼殻合成セグメントはコンクリート全面が鋼板に覆われた構造であるため、ひび割れや漏水を防止でき、長期耐久性を向上させることができる。また、構造耐力が大きく覆工厚を薄くできるため構築に必要な掘削規模を縮小できること、プレハブ化により短期間で施工可能なことから、施工時の周辺地盤への影響を低減できる。接続セグメントは、シールド施工後に実施した出来形の計測結果を反映したうえで、計測誤差や横坑自体の施工誤差に対し現地で対応できるよう寸法調整機構を設けた。セグメントの継手面は、トンネル一般部と同様に、信頼性の高い水膨張シール 2 条をボルトアップでシール溝に封入して止水構造を形成する構造とし、両トンネル間で不連続とならないよう配置した。開口補強桁は、鋼製セグメントを取り外さず内面側に設置が可能な構造として切開き範囲を縮小するとともに、切開き前に設置することにより内部支保構造の合理化と長期間の地山露出による出水リスクの低減を図った。補強桁の支点となる柱部材は、接続セグメントに内蔵させた構造とした。

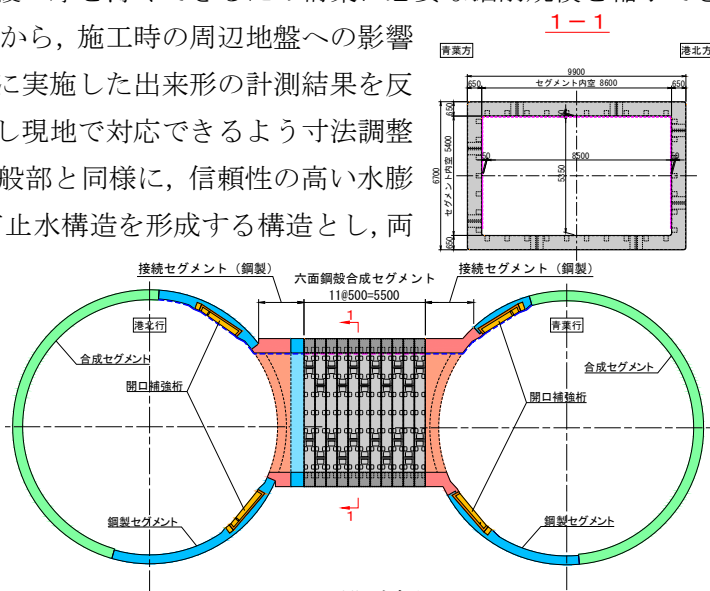


図-2 構造概要

3. 施工方法

図-3 に施工方法のイメージを示す。横坑の構築はトンネル坑内からの非開削切開きによるものとし、直線パイプルーフによる地山支保を併用した刃口シールド工法により行った。パイプルーフは、刃口シールドの前方を地山相当のばね、後方を横坑躯体相当のばねによって支持された弾性床上の梁として施工段階を考慮して

キーワード 非開削、横坑接続、セグメント、凍結工法、パイプルーフ

連絡先 〒178-0062 東京都練馬区大泉 5-4 東京外環出張所工事 5 課 TEL 03-5935-8350

仕様決定した。刃口シールド工法により後方に横坑躯体を構築・裏込注入しパイプルーフを支持しながら掘削を進められるため、地山の掘削開放範囲を小さくでき、出水・崩落リスクを低減できる。ルーフ材は、配置空間の制約上、外径は $\phi 318.5\text{mm}$ が上限であった。高強度材(SM570)を採用するとともに内部にH形鋼を配置して補強することで板厚を低減し、継手溶接時間の短縮を図った。施工地盤は泥岩を主体とした透水性の小さい土質であるが、介在砂層からの出水リスクを考慮し、止水壁としての機能を目的とした最小限の造成厚でパイプルーフ沿いに地盤

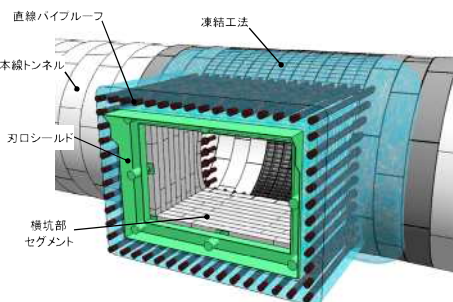
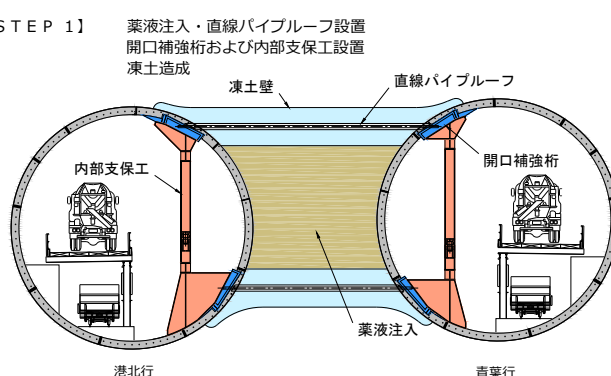


図-3 施工方法イメージ

凍結を行った。凍土の維持管理にあたっては、用途別に【STEP 1】薬液注入・直線パイプルーフ設置、開口補強桁および内部支保工設置、凍土造成、凍土壁、直線パイプルーフ、開口補強桁、内部支保工、薬液注入、港北行、青葉行、【STEP 2】刃口シールド工（掘進・セグメント組立・裏込注入）、裏込注入、刃口シールド、六面鋼殻合成セグメント、接続セグメント、港北行、青葉行、【STEP 3】刃口シールド到達部の止水溶接、港北行きトンネル切開き、切開き（セグメント撤去）、止水溶接、港北行、青葉行、【STEP 4】接続セグメント組立・横坑連結、内部支保工撤去、道路床版構築、凍土解冻、内部支保工撤去、接続セグメント、横坑連結（調整セグメント）、道路床版、港北行、青葉行



【STEP 2】 刃口シールド工（掘進・セグメント組立・裏込注入）

【STEP 3】 刃口シールド到達部の止水溶接
港北行きトンネル切開き

【STEP 4】 接続セグメント組立・横坑連結
内部支保工撤去
道路床版構築

図-4 施工ステップ

【STEP1：準備工】トンネル内部より薬液注入とパイプルーフの設置を行う。開口補強桁と内部支保工を設置した後、地盤凍結を開始し所定の範囲まで凍土を造成する。

【STEP2：刃口シールド掘進】青葉行トンネルを切開き、開口部から刃口シールドを発進する。初めに開口部に接続セグメントの組み立てを行い、その後は六面鋼殻合成セグメントの組み立てを行いながら港北行トンネルの手前まで掘進を進めて行く。

【STEP3：刃口シールド到達】到達した刃口シールドと港北行トンネルを止水溶接で接続して出水対策を行った後、港北行トンネルを切開き、開口部を設ける。

【STEP4：横坑完成】開口部に接続セグメントを組み立て、六面鋼殻合成セグメントと連結して横坑の本体構造が完成する。その後内部支保工を撤去し道路床版・内装工事へ移行する。

工事は、2018年5月に薬液注入工を開始、2019年6月に本体構築を完了し、このうち本体構築に要した期間は3.5ヶ月であった。施工中はセグメント・内部支保工・凍土・パイプルーフ・地表面変状・地下水位を計測しながら行い、途中、内部支保工の軸力が予測値を上回ることが懸念されたため内部支保工の増設を行ったが、その他の計測項目については予測値の範囲に収まった。

4. おわりに

本工事では、コンパクトで高品質な躯体を短期間で構築可能な構造設計・小さな掘削開放範囲かつ完全な止水性を確保した施工方法により、大深度の高水压下における大断面の非開削横坑接続を周辺環境に影響を与えることなく安全に施工することができた。類似した施工条件の非開削接続工事は今後も見込まれ、本工事の事例が計画の参考になれば幸いである。