

中央環状品川線・横浜環状北線のトンネル工事概要

吉川直志

中央環状品川線は、首都圏の渋滞解消のために整備が進められている3環状道路のうち、最も内側に計画された中央環状線の南側を形成する全長9.4kmの路線で、東京都と首都高速道路株式会社の合併施工で建設が進められている。工事は、シールドマシン1台（内外で計2台）で延長8.0kmのトンネルを構築し、途中の出入口部はシールドトンネル施工後に切開き工法により構築する。

横浜環状北線は、延長の約7割にあたる約5.9kmがトンネル構造で、港北区新羽町から神奈川区子安台までの約5.5kmがシールドトンネルである。トンネル区間には、新横浜、馬場、子安台に3つの換気所と出入口が計画され、中間地点付近の馬場出入口の分合流部では、大口径パイプーフを利用した切開き工法により構築する。

キーワード：シールドトンネル、切開き構造、セグメント、土圧管理、土砂搬出

1. はじめに

首都圏の慢性的な交通渋滞の解消のために建設が進められている3環状のうち、最も内側に計画されたのが中央環状線（全長約47km）である。中央環状品川

線（以下「品川線」）は、中央環状線のうち、南側を形成する延長約9.4kmの路線である。品川線は東京都と首都高速道路株式会社の合併施工により建設が進められており、本路線の完成により中央環状線全線が完成することになる。

横浜環状北線は、横浜市の交通ネットワークの骨格を形成する横浜環状道路の北側を形成する延長約8.2kmの路線である。横浜環状北線が完成すると、横浜市北部でも首都高速横羽線や湾岸線と第三京浜道路がつながり、横浜港や京浜臨海部など東京湾沿いの各拠点と内陸部の連絡が強化され、広域的な利便性の向上も期待されている（図-1）。

本稿では、首都高速道路株式会社が施工している品川線北行きシールド及び横浜環状北線のトンネル工事概要について述べる。

2. 中央環状品川線の工事概要

品川線は全長9.4kmのうち8.4kmがトンネル構造であり、主に山手通りの地下、一部は目黒川等の地下に計画された。山手通りは、交通量が多く、沿道にはビル等の構造物が林立しているためライフラインも多く埋設されている。また、品川線は延べ14本もの鉄道と交差する。地質については、トンネルが位置する主な地層は上総層群泥岩層（土丹層）で、N値50を超える硬質な地盤である。



図-1 路線位置図

(1) シールドトンネルの概要

品川線では、全体延長の大部分に大断面シールド工法を採用し、大井北立坑～大坂橋連壁（大橋 JCT 付近に構築済みの RC 地中壁）のシールドトンネル区間約 8.0 km を、途中に立坑を設けずにシールドマシン 1 台（内外で計 2 台）で掘進する。途中の出入口部については、シールドトンネル施工後に切開き工法により構築する。また、中央環状新宿線（以下「新宿線」）接続箇所及び大橋連結路接続部においても切開き工法を採用している。トンネル内の換気については、分合流が少なく空気のコントロールが容易なため、縦流換気方式を採用している。シールドマシンは泥土圧式で外径 12.55 m、機長 14.22 m、総重量は約 2,000 t である。シールドジャッキを 100 本装備し、総推力は約 155,000 kN である。

本シールドトンネルの施工においては、長距離掘進による施工となるため、請負者の技術提案に基づき、シールドマシン前面の地山を切削する主要なカッタービットを、マシン内部から交換できるようにするなどの工夫をしている。

(2) セグメントの仕様

シールドトンネルの主構造として、セグメントは RC 製セグメントを標準とし、シールドを切開く箇所には鋼製セグメント、偏荷重および重荷重が作用する箇所には鋼-RC 合成セグメントを用いている。RC 製セグメントおよび鋼-RC 合成セグメントの厚さは 400 mm、鋼製セグメントの桁高は 400～650 mm（大橋連結路切開き部における特殊部を除く）としている。RC 製セグメントおよび鋼-RC 合成セグメントについては、二次覆工を省略し、コンクリートに有機繊維（ポリプロピレン）を混合することにより火災時の爆裂を防止し、セグメント自体に耐火性を持たせた。鋼製セグメントには、耐火パネル設置により耐火工を施す。また、シールドトンネル内の床版には、鋼-RC



写真-1 床版受部の構築状況（中央環状品川線）

合成床版を用い、床版受部の構築、床版工等は、掘進と平行して施工を行っている（写真-1）。RC 製セグメントのピース間及びリング間継手には、ワンパス施工が可能な継手を採用したため、従来のボルト式継手と比べて組立時間が大幅に短縮している。

(3) 泥土圧式シールドの土圧管理

土圧管理を行うために、チャンバー内に複数の土圧計、温度計等を装備した。

(4) 土砂搬出

約 100 万 m³ の掘削土砂を連続的に地上に運び出すため、構内には延伸を繰り返しながら連続ベルトコンベア、立坑部には垂直ベルトコンベアを用い、立坑脇に設けられた土砂ピットまで搬送し、そこからダンプで搬出先まで輸送している。

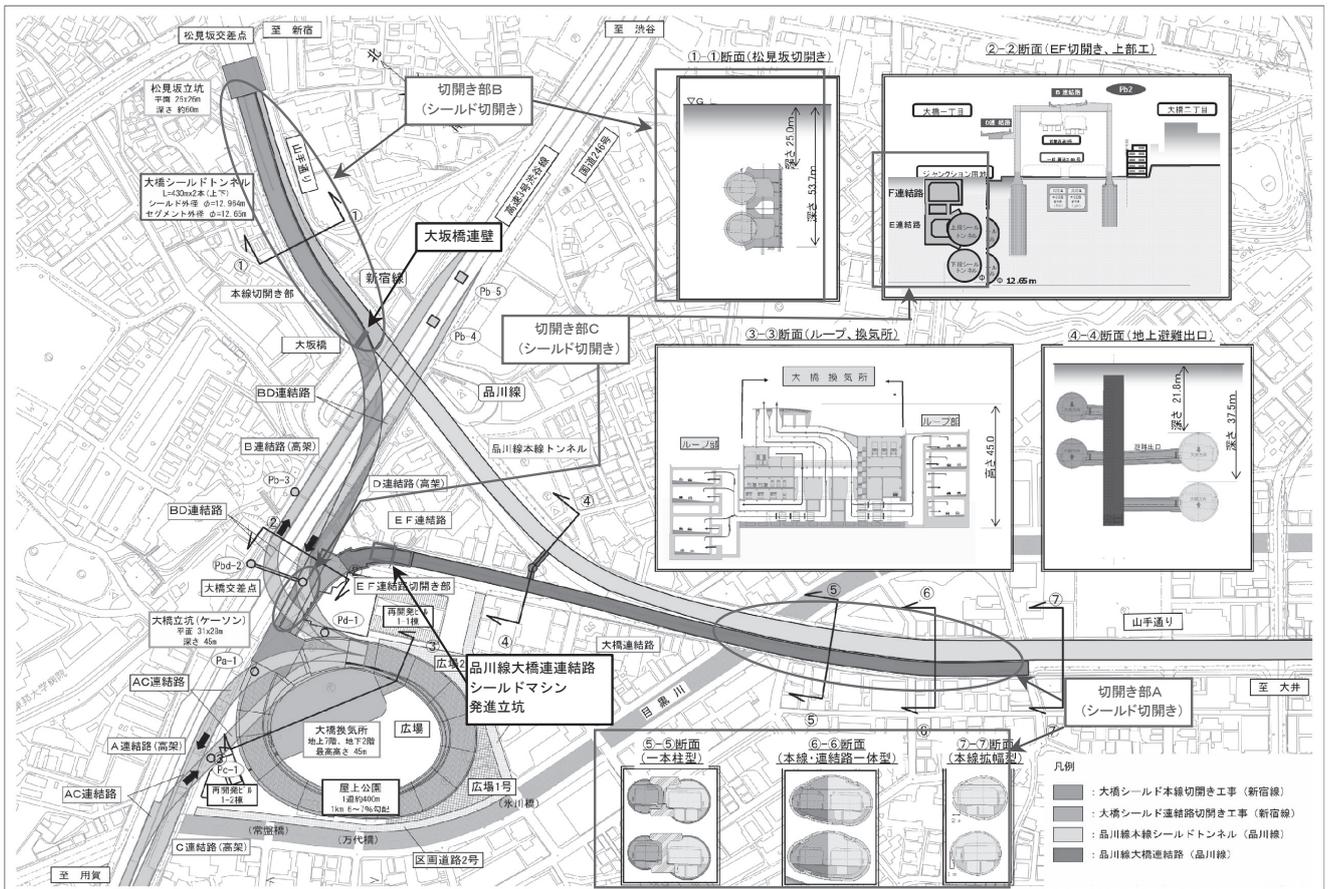
(5) 接続部の構築

供用中の新宿線及び 3 号渋谷線と接続する 3 箇所において切開き構造を採用している（図-2）。切開き部 A（図-2）は、品川線本線と品川線大橋連結路の接続で、請負者の技術提案に基づき以下の手順で分合流部を構築する。

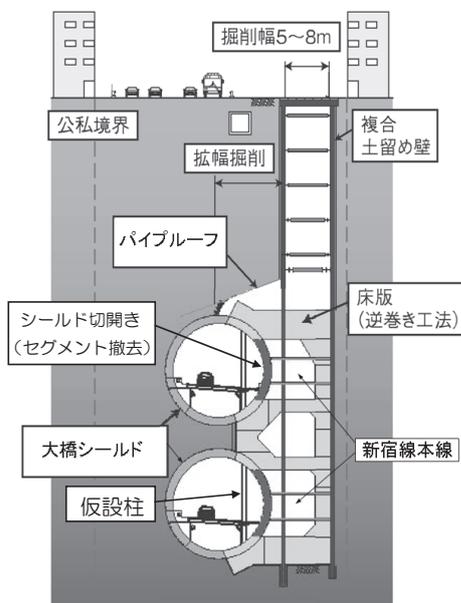
- ①切開き区間の両シールドは、アーチ状鋼製セグメントをボルト接合するため、手当てを施した鋼製セグメントで構築。
- ②大橋 JCT ループ部近傍の開削部の端部に立坑を設け、シールドマシンを発進。
- ③品川線本線に近接して並走した位置まで掘進し、停止。
- ④その後、シールドマシン内部の設備を解体し、外殻を残置。
- ⑤残置されたマシン外殻を起点として、本線シールドと品川線大橋連結路シールド間の上下を NATM 工法によりアーチ状に掘削。
- ⑥両シールド間にアーチ状のセグメントを設置後、一部のセグメントを撤去。

なお、大橋連結路は上下 2 本のシールドトンネルであり、それぞれの延長は約 500 m と短いことから、先行する下層シールドの掘進後に、シールドマシン駆動部等を引抜き、上層に転用する DSR 工法を採用している。

新宿線と 3 号渋谷線を接続している供用中の大橋シールドを拡幅し、構築する切開き部 B（図-2 及び図-3）では、技術提案による開削-非開削併用切開き工法を採用している。切開きは、大橋シールドの発進兼到達立坑と構築済みの RC 地中壁との間、約



図一 大橋 JCT 付近における 3 箇所のシールド切開き



図一 大橋シールドと新宿線切開きイメージ

200 m 区間において以下の手順で行われる。

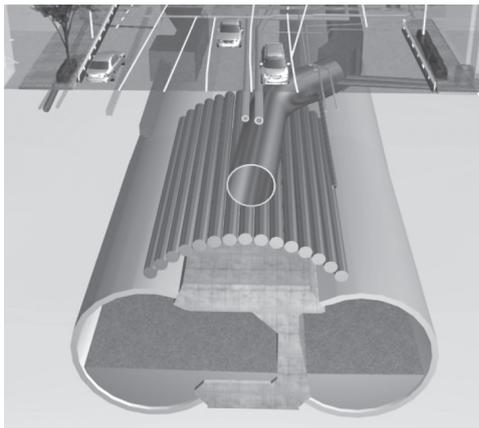
- ① 大橋シールドの切開き区間は、供用下での接続工事となるため、RC 躯体の鉄筋を直接接続できるように主桁に手当てを施した、桁高 900 mm 鋼製セグメントを用いて新宿線建設時に構築。

- ② 大橋シールドに沿って、幅約 5 m、延長約 200 m の細長い立坑を拡幅部頂版下端まで開削工法で掘削。
- ③ 当該立坑から大橋シールドまで道路軸直角方向に非開削工法で掘削。
- ④ 大橋シールドの鋼製セグメントと一体化を図りつつ、拡幅部の RC 頂版を構築。
- ⑤ 掘削を進めながら RC 床版を上から順に構築し、底板構築後に側壁を下から順に構築。
- ⑥ 立坑～連壁間で上記により拡幅部の RC 躯体構築後、大橋シールドの鋼製セグメントを撤去し、分合流部を構築。

切開き部 C (図一) は、品川線大橋連絡路と大橋シールドとの接続部である。大橋シールドの鋼製セグメントと一体化を図りつつ拡幅部の RC 躯体構築後、大橋シールドの鋼製セグメントの一部を撤去し、合流部を完成させる。

(6) 出入口の構造

五反田出入口工事の施工では、直線パイプルーフを断面内にアーチ状に配置して構造的に一体化することによりパイプルーフ支持杭・受桁を省略する、パイプルーフアーチ工法を採用した (図一)。



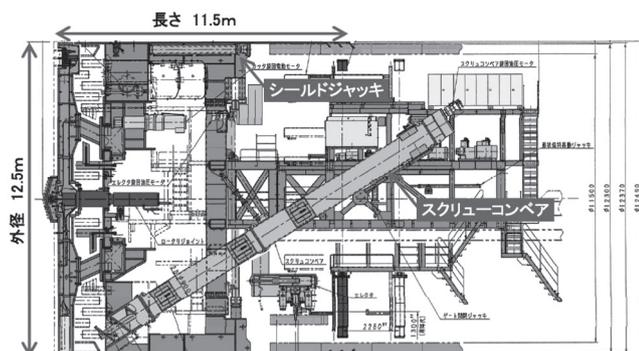
図一4 五反田出入口工事への適用イメージ

3. 横浜環状北線の工事概要

横浜環状北線は、延長の約7割にあたる約5.9 kmがトンネル構造で、港北区新羽町から神奈川区子安台までの約5.5 kmがシールドトンネルである。トンネル区間には、新横浜、馬場、子安台に3つの換気所と出入口が計画され、中間地点付近の馬場出入口の分合流部は、大口径パイプーフを利用した切開き工法により構築する。シールドトンネル区間の土質は主に硬質な上総層群の地盤であり、土被りは約11～57 mである。また、シールドトンネル区間の途中、横浜市営地下鉄、東京電力洞道、東海道新幹線高架橋、東急東横線高架橋及びJR貨物トンネルなど重要なインフラ施設が交差している。

(1) シールドマシンの仕様

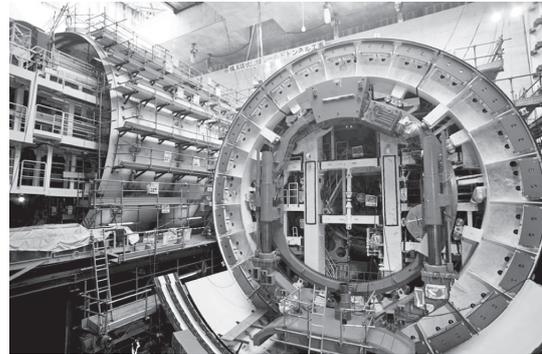
新横浜発進立坑から子安台に向けて、港北行き、生麦行きの2本のトンネルを掘るため、同一仕様のシールドマシン2機を同時に組み立てた。シールドマシンは泥土圧式で、シールドマシン外径12.49 m、機長11.51 m、総重量は約2,000トンである。シールドジャッキを50本装備し、総推力は125,000 kNである。カッター部には超合金製のビットを約500個配置し、掘削



図一5 シールドマシン構造図

した土砂は、内径900 mmの軸付スクリーコンベアによってマシン後方のベルトコンベアへ排土する(図一5)。

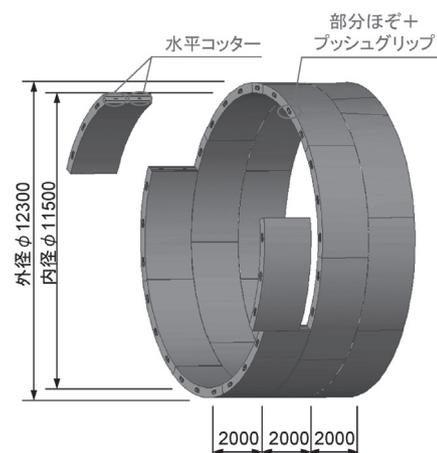
シールドマシンは、工場で製作、仮組み及び試運転を実施し、100個以上に分割した後、陸路で現場まで運搬された。立坑周辺で地組みし、500トンローラークレーンにより立坑内に投入された(写真一2)。



写真一2 2機のシールドマシン組立状況

(2) セグメントの仕様

セグメントの大きさは、外径12.3 m、セグメント厚400 mm、リング幅2,000 mm、9分割のため、1ピース当りの重量が約9トンと大型であり、品川線と同様にワンパス施工が可能な継手を採用している(図一6)。RCセグメントには鋼繊維補強高流動コンクリートにポリプロピレン繊維を混入したものを用い、セグメント自体に耐火性能をもたせるとともにコンクリートの剥離や剥落防止を図っている。



図一6 セグメント構造図

(3) 土圧管理

土圧管理は、シールドマシンチャンバー内に土圧計を7箇所装備して、切羽の土圧分布を把握し、いずれの位置でも管理土圧を下回らないように管理する。

また、掘進管理計画の妥当性を検証するため、シー

ルド通過部付近に層別沈下計と間隙水圧計を設置して、掘進による影響を計測した。

(4) 土砂搬出

2台のシールドマシンから排出される1リング当たり約300m³(総排出量約140万m³)の掘削土砂を連続的に地上に運び出すため、坑内に連続ベルトコンベア、立坑部に垂直ベルトコンベアを用いた。また、周辺環境への影響を抑えるため、鶴見川左岸の立坑部から、周辺民家から離れた同右岸に設置した土砂ピットまで



写真-3 土砂ピット(左)と発進立坑(奥)

の約580mに渡り、連続ベルトコンベアにて搬送し(写真-3)、そこでダンプトラックに積替えている。

(5) 分合流部の施工

横浜環状北線の馬場出入口分合流部工事は、土被りが大きいことから、シールド内から非開削により切開きを行う工法を採用している(図-7)。技術提案による躯体構築の手順は以下のとおりである(図-8)。

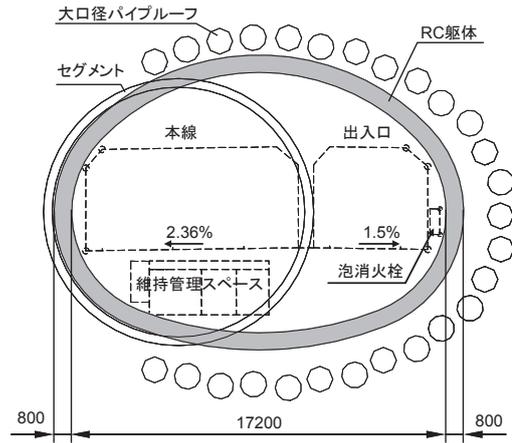
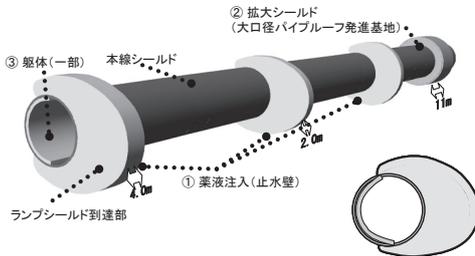
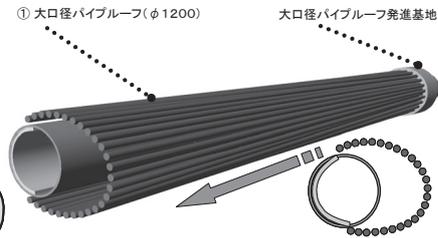


図-7 拡幅部断面図

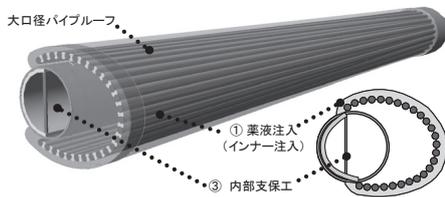
STEP 1



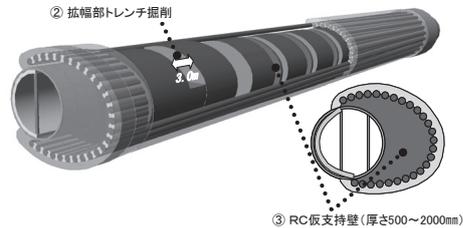
STEP 2



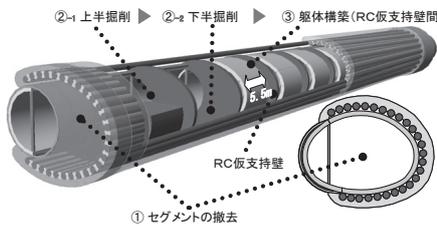
STEP 3



STEP 4



STEP 5



STEP 6

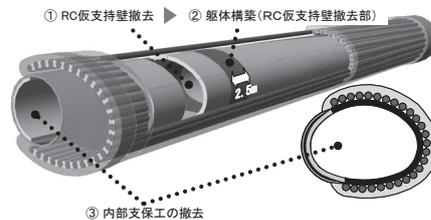


図-8 ステップ図

- STEP1 本線シールド施工時に、セグメント撤去部分に鋼製セグメントを使用。本線シールド掘進完了後、本線シールド内から止水壁構築のための薬液注入を実施。本線シールドを拡径することにより大口徑パイプルーフ発進基地を築造。
- STEP2 密閉型鋼管推進工法により大口徑パイプルーフ（φ1,200 mm）を施工。
- STEP3 パイプルーフ内から薬液注入を実施し、シールドの変形を抑制するために内部支保工を設置。
- STEP4 本線シールド内より止水を確認し、拡幅部のトレンチ掘削後、パイプルーフを支保するためにRC仮支持壁を構築。
- STEP5 道路支障部の鋼製セグメントを撤去した後、RC仮支持壁間の掘削。RC仮支持壁間の躯体を構築。
- STEP6 RC仮支持壁を撤去後、RC仮支持壁撤去部の躯体を構築し、内部支保工を撤去。

4. おわりに

首都高速道路中央環状品川線および横浜環状北線の工事概要について述べた。施工にあたっては、多くの方々のご理解、ご協力、また多くの専門家、技術者による課題解決によって支えられ、工事が進められている。今後も、工事の進捗に伴い発生する技術的課題を解決し、工事の完成に向け、努力していきたい。

JCMA

《参考文献》

- 1) 長田光正, 深山大介, 下西 勝: 都市内長大トンネルの概要 (首都高速山手トンネルの開通と中央環状品川線の概要), コンクリート工学, Vol.49, No.1, P79 ~ 84, 2011.1
- 2) 深山大介, 松崎久倫, 永井政伸: 首都高速中央環状新宿線・品川線・横浜環状北線のシールド拡幅技術, 土木施工, Vol.52, No.3, P10 ~ 14, 2011.3

【筆者紹介】

吉川 直志 (よしかわ ただし)
首都高速道路㈱
技術部 技術推進グループ
課長代理

