

中央環状品川線シールドトンネルにおける 地下接続工（横坑・Uターン路）の同時施工

後藤 広治¹・五十嵐 央²・築取 優丞³・谷口 敦⁴

¹東京都第二建設事務所 品川線建設事務所（〒141-0031 東京都品川区西五反田7-22-17）

E-mail: Kouji_Gotou@member.metro.tokyo.jp

²東京都第二建設事務所 品川線建設事務所 大井工事事務所（〒141-0003 東京都品川区八潮1-3）

E-mail: Nakaba_Igarashi@member.metro.tokyo.jp

³東京都第二建設事務所 品川線建設事務所 大井工事事務所（〒141-0003 東京都品川区八潮1-3）

E-mail: Yuusuke_Yanadori@member.metro.tokyo.jp

⁴大成建設株式会社東京支店 品川線シールド作業所（〒141-0003 東京都品川区八潮1-3）

E-mail: tanig@ce.aisei.co.jp

首都高速中央環状品川線のうち、現在、東京都が施工している中央環状品川線シールド工事-2では、約8.0kmの長距離シールドの掘進工事に並行して、道路床版、Uターン路、横連絡坑を同時施工することで全体工期の短縮を実現した。本稿では、このUターン路、横連絡坑の同時施工を実現するための方策および大深度、高水圧の条件下における止水構造の施工事例について報告する。

Key Words : shield tunnel, simultaneous work, evacuation passage, U-turn passage, waterproofing

1. 工事の概要

首都高速中央環状品川線は、全長約47kmの中央環状線の南側部分を形成する路線であり、このうち東京都が施行している「中央環状品川線シールドトンネル工事-2」は、品川区八潮に位置する大井北立坑を発進基地として、泥土圧シールド工法により延長約8kmの道路トンネル（大井ジャンクション方向）を1台のマシンでシールド掘進を行い、このトンネル内で道路床版、Uターン路、横連絡坑を構築するものである。全体図を図-1に、主な工事内容、数量を次に示す。

- ・トンネル外径：φ12300mm（セグメント外径）
- ・トンネル延長：L=7995m
- ・工事数量：シールド延長7995m，道路床版55581㎡，横連絡坑11箇所，Uターン路3箇所

本工事では、月進500m以上の高速施工を行うシールド掘進と道路床版の施工に並行して、地下40m～50mの高水圧条件下において、11箇所の横連絡坑と3箇所のUターン路を施工した。本稿では、この同時施工を実現するための工夫や取り組み、完成構造物としての品質、機能を確認するための防水構造などについて報告する。

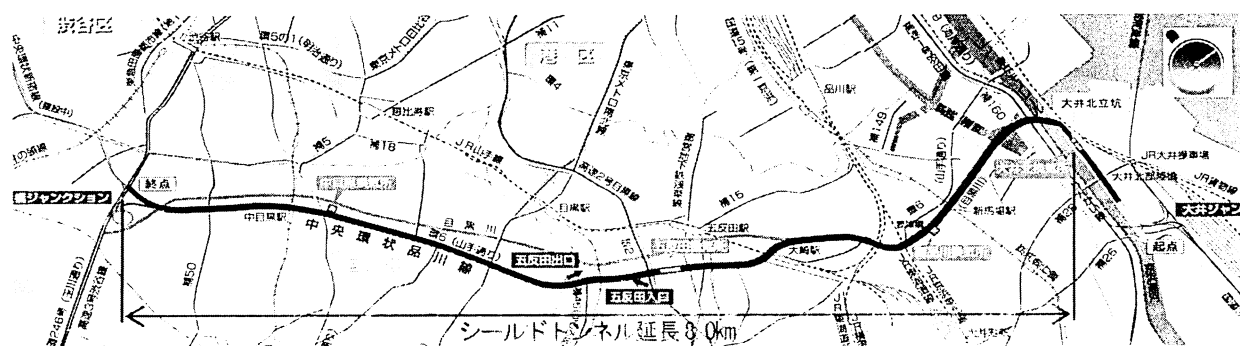


図-1 品川線路線平面図（全体概要図）

2. 横連絡坑の施工

(1) 横連絡坑の概要

横連絡坑 11 箇所の施工場所は、目黒川または山手通りの直下 GL-40.0～GL-50.9mに位置し、いずれの地盤も N 値 50 以上の固結粘性土層（Kc 層）に砂層（Ks 層）が介在する土層であるため、大深度、高水圧下における出水リスクへの対応が必要であった。

本工事では、横連絡坑の躯体構造をボルト組立式の矩形鋼殻構造とし、これを推進工法により構築する施工方法を採用した。掘削前面が開放される刃口推進を安定的に行うため、事前の止水対策として低圧浸透方式による薬液注入を補助工法として施工した。

図-2に横連絡坑の概要図および土質柱状図（横連絡坑-1）を示す。また、写真-1には矩形鋼殻の推進施工状況写真を示す。

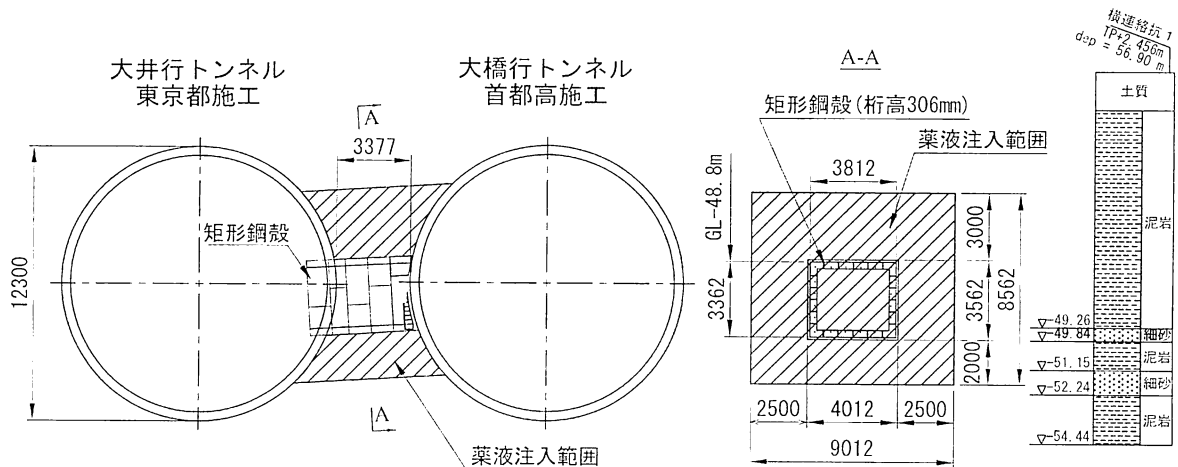


図-2 横連絡坑概要図・土質柱状図

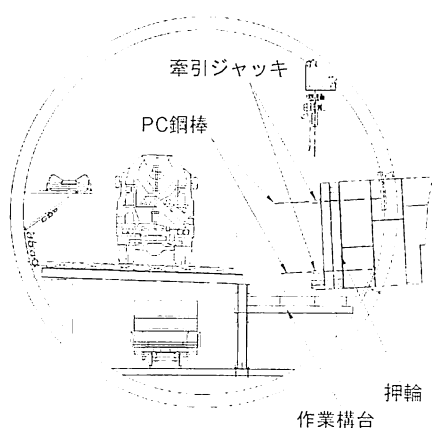


図-3 横連絡坑施工状況断面図

(2) 矩形鋼殻刃口推進工（牽引ジャッキ方式）

今回の横連絡坑の施工では、トンネル内で同時に進行しているシールド掘進、道路床版はもとより、複数箇所横連絡坑の同時施工を実現するため、推進反力の固定点を前方に置く牽引ジャッキ方式を採用し、トンネル半断面で推進工事が可能となる施工方法を考案した。牽引反力を得るための固定部材を推進開口部のセグメント内面両側に設置、固定し、推進函体となる矩形鋼殻の後方には鋼製の押輪フレームとその四隅に牽引用のセンターホールジャッキ（350kN）と牽引用 PC 鋼棒各 4 組を配置した。推進時はこの PC 鋼棒の牽引ストローク量を管理することで推進体の方向制御を行った。

横連絡坑 1 箇所当りの施工期間は、薬液注入等の補助工法から仕上げまで全工程で約 3 ヶ月、推進の発進から到達までは約 1 週間であった、合理的で確実性の高い本工法の考案が、工事全体の工程短縮に大きく寄与した。

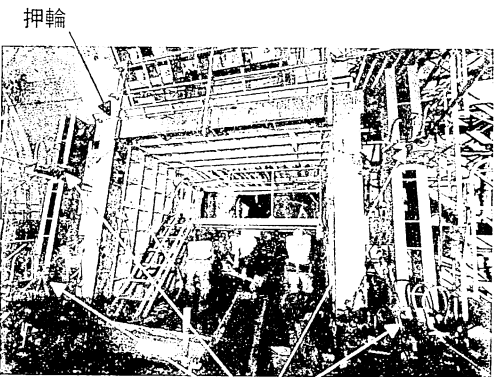


写真-1 横連絡坑推進施工状況

(3) 矩形鋼殻とセグメントの接続、止水

推進工事の発進側となる当工区の鋼製セグメントには開口のための梁柱部材を配置しており、推進完了後にこのセグメント開口部材と推進矩形鋼殻の間を鋼板で溶接

固定し、その背面に無収縮モルタルを充填することで止水性を確保した。

一方、到達側となるトンネル（他工区）への接続は、他工事への出水リスクや工事輻輳の影響を最小限とする

ため、推進鋼殻の刃口を貫通させることなく接続する方法を考案した。

この方法は、推進鋼殻の先頭函が到達側セグメントの背面に接した時点で推進を完了し、先頭函と到達側セグメントの空いた部分に予め製作しておいた小割のジョイントピースをはめ込む形で設置し、ジョイントピースと到達側セグメントを仮止水プレートで止水を施した後、

初めて到達側のセグメントを切断して貫通させるものである。最終的には、図-4、5 に示す接続プレートを本設の止水鋼板として溶接固定し、無収縮グラウトを空隙部に充填して止水を行う。

従来施工されてきたRC構造を主体とする接続工法に比較して、本鋼殻構造は防水性、止水性の面で優れ、供用時の保守・管理の面で有利な構造形式と思われる。

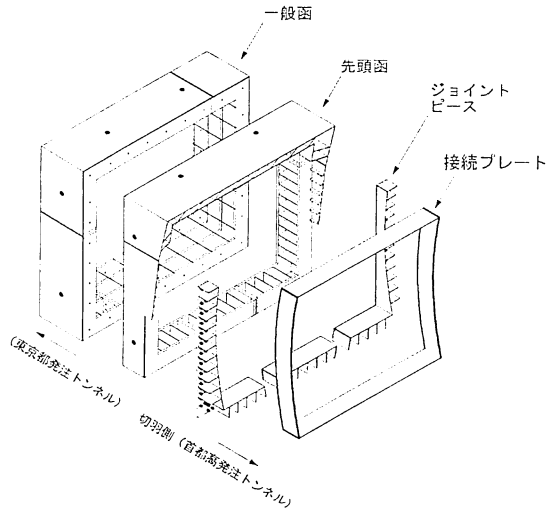


図-4 矩形鋼殻・ジョイントピース概念図

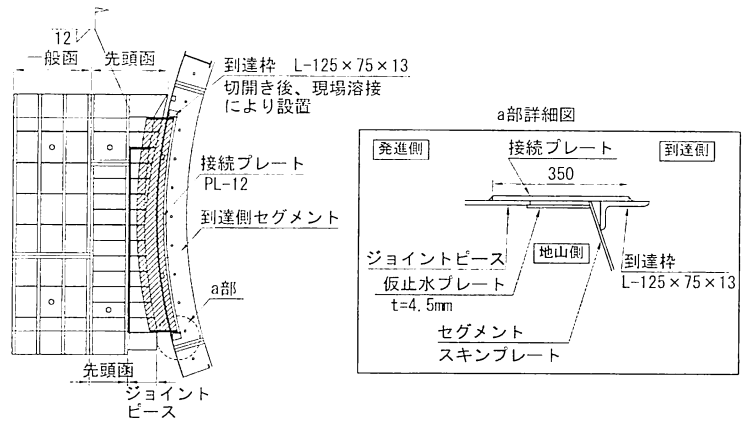


図-5 到達側接続プレート取付図

3. Uターン路の施工

(1) Uターン路の概要

供用時の緊急車両の転回路となるUターン路は、2つのシールドトンネルを、それぞれ高さ約8m×幅約10mの断面で切開き接続するものであり、本工事では3箇所Uターン路いずれにも矩形の鋼構造形式を採用した。鋼製セグメントの開口部にはセグメント形状に合わせた補強梁、補強柱を配し、トンネル間にはビルトH鋼による矩形鋼製枠を適用した。なお、最終的な構造体はコンクリートで巻き立て、その背面には吹付防水を施した。

(2) Uターン路の施工ステップ

以下に仮設工から鋼製枠構築までの施工ステップ図を示す。横連絡坑と同様、低圧浸透方式による薬液注入を補助工法として採用し、掘削段階での止水性を確保した。トンネル間の土留めとして天井部にはφ267mmの曲線パイプルーフを、側面には同径の直線パイプルーフを設置することで、掘削開放時の地山安定性を確保した。また、セグメント切開きのための内部支保工はビルトH鋼と500kNの油圧ジャッキを組み合わせ、掘削前に初期プレロードを行うことで、セグメントの変形抑制を図った。

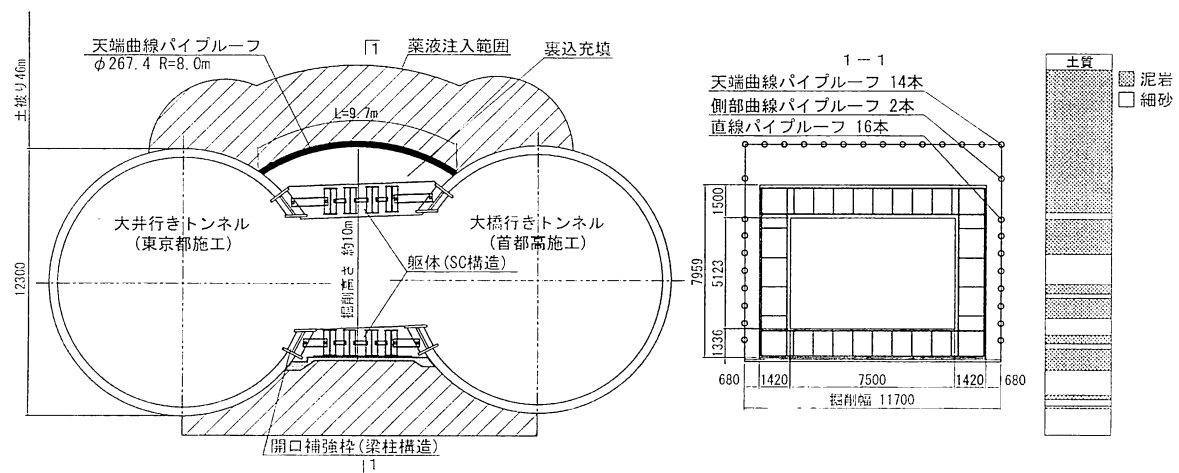


図-6 Uターン路概要図・土質柱状図

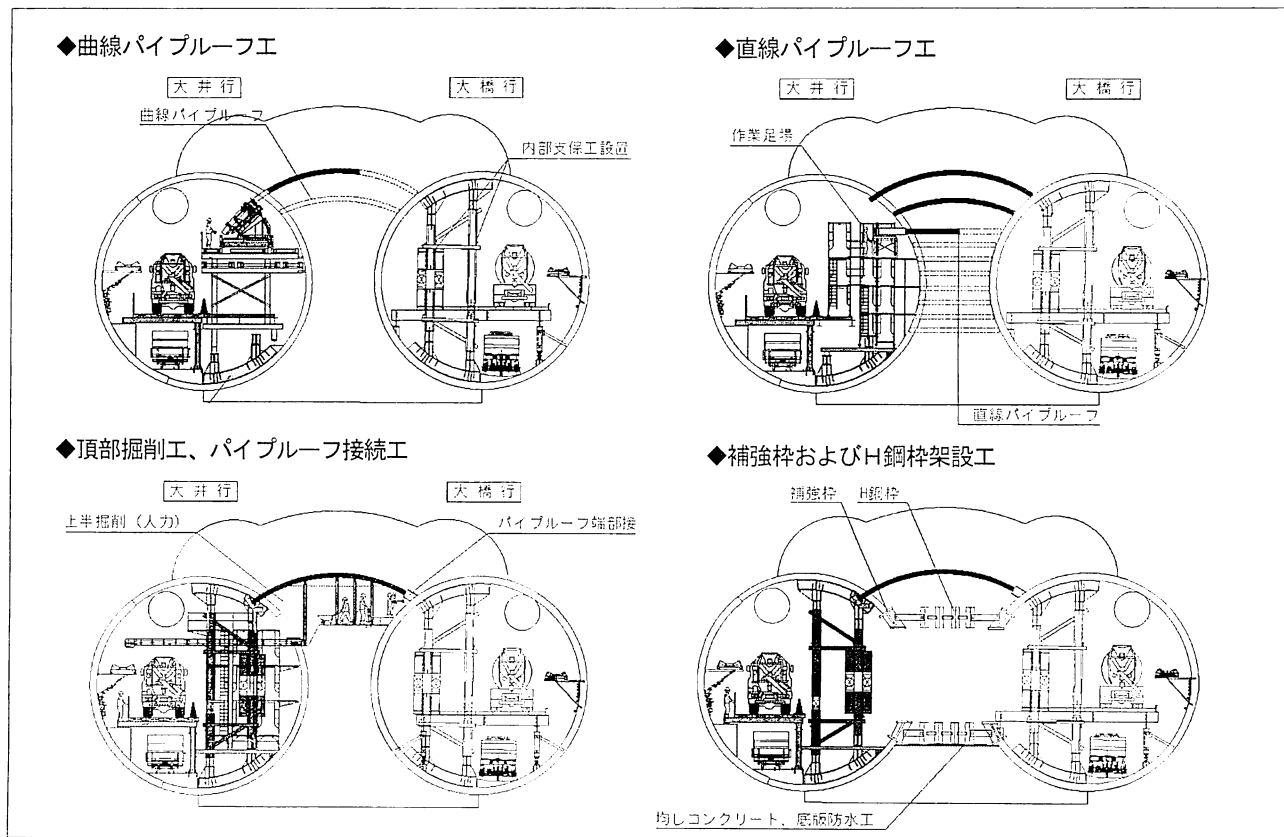


図-7 Uターン路主要施工ステップ図

(3) 曲線パイプルーフの適用と固定方法

上述の通り、本工事ではトンネル間掘削部の防護、土止め工法として小口径φ267mmの曲線パイプルーフ工法を採用した。横連絡坑の施工条件と同様に、他の工種と並行して工事を進めるため、パイプルーフの施工設備は可能な限りコンパクトな設備とし、トンネルの半断面で施工可能なものとした。また、この曲線パイプルーフは、トンネル掘削段階における上層地盤の土留めの役割を担うものである。その荷重は主として曲線パイプルーフに軸力として作用し、セグメントおよび内部支保工にその軸力が伝達されるため、パイプルーフの端部固定については、施工誤差を吸収した上で確実かつ合理的な固定方

法が求められた。パイプルーフ発進側ではセグメント縦リブとパイプルーフ端部を一体化する支持梁方式を考案し採用した。一方、到達側は他工区のセグメントへの固定となるため、セグメントの切断、貫通を一切行わずに接続できる方法とした。この方法は、パイプルーフ数本毎に小断面の掘削を進め、到達側セグメントの外側（地山側）から順次半割のジャケット鋼管を溶接固定し、その内部に無収縮モルタルを充填することで固定するものである。到達側でのパイプルーフ施工精度は50mm=1/200以下であったが、上記2つの固定方法はこの誤差を十分に吸収した上で、合理的かつ確実な施工を可能とした。

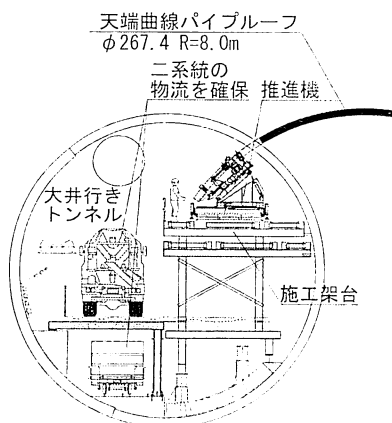


図-8 曲線パイプルーフ施工状況図



写真-2 曲線パイプルーフ施工状況

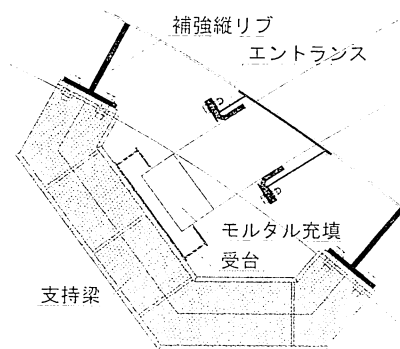


図-9 パイプルーフ固定方法（発進側）

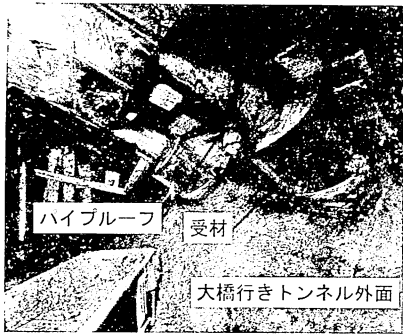


写真-3 パイプルーフ到達側固定状況

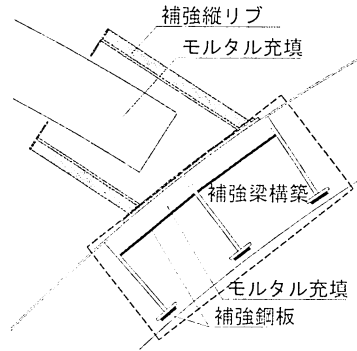


図-10 パイプルーフ固定方法（到達側）

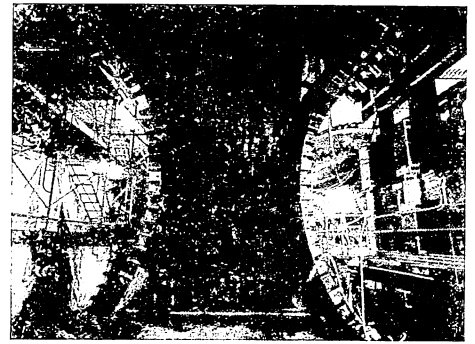


写真-4 Uターン路掘削完了全景

(4) 鋼構造躯体の構築方法と防水構造

Uターン路3箇所（図-10）の構造は極厚板の鋼製枠で構成される鋼構造形式を採用しており、狭隘かつ厳しい空頭制限下での重量物架設となった。内部支保工の設計段階で10mの長尺鋼材の引込みが可能な仮設計画とし、上部鋼製枠については、全体約60tを一体化してジャッキアップ架設する等の工夫を行ったことで、合理的かつ安全な施工を実現した。

また、横連絡坑と同様にUターン路施工箇所における

地下水圧は0.4MPa～0.5MPaと高く、確実な防水構造と施工が求められた。前述の通り、Uターン路の基本構造は鋼構造であるが、防水および防食の観点から、SC構造同様に鋼材をコンクリートで覆う形式としている。

鋼製セグメントと鋼製枠の接続部は全周止水溶接を施し、コンクリート打設面と各接合部には追従性に優れるウレタン系樹脂吹付防水を施工した。また、躯体背面＝防水施工面と地山の境界面にはコンクリートおよび可塑性裏込注入材を充填し防水性の向上を図った。

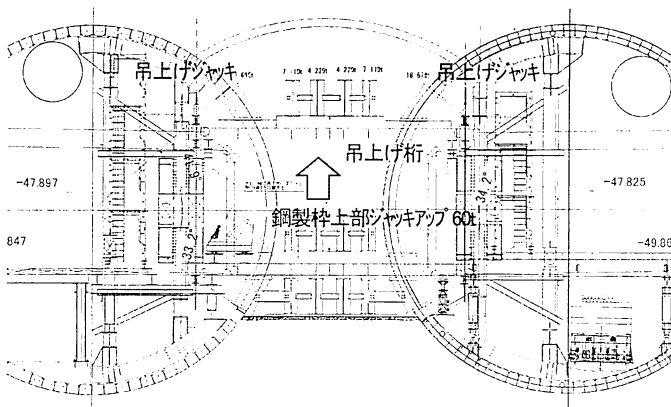


図-11 Uターン路鋼製枠組立仮設図

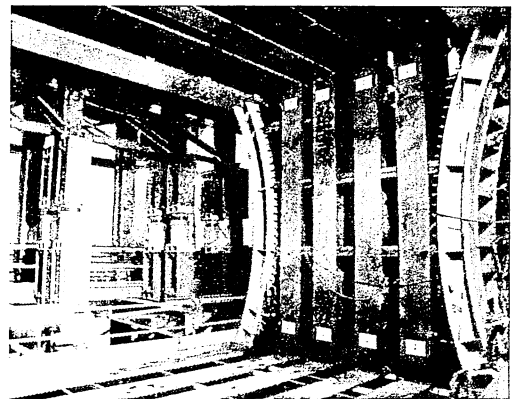


写真-5 Uターン路鋼製枠組立完了全景

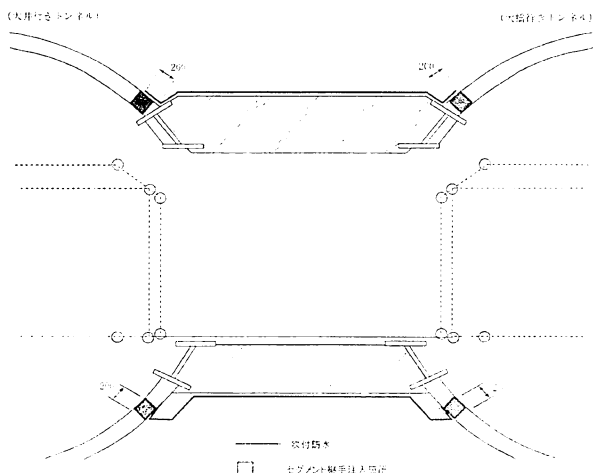


図-12 Uターン路防水計画図

表-1 Uターン路防水仕様

防水工程	材料種別等	使用量・厚さ等
下地プライマー	水溶性プライマー	標準塗布量0.2kg/m ²
防水塗膜層	ポリウレタン樹脂系塗膜材	平均厚さ2.0mm以上
保護材層	モルタルまたはコンクリート	設計厚さ80mm以上
セグメント継手目地処理	エポキシ系接着材	
セグメント継手接合面注入	ウレタン系注入材	



写真-6 Uターン路ウレタン吹付防水施工状況

4. おわりに

中央環状品川線シールドトンネル工事は、大断面では日本最長となる8kmの長距離掘進や、500m/月以上の高速掘進など、シールド掘進工事が注目を集めるところであるが、道路トンネルのプロジェクト全体工程を短縮し、早期供用を目指す上では、道路床版や横連絡坑、Uターン路などの後続工事を如何に合理的かつ安全に進めるかが大きなポイントとなる。また、大深度、高水圧下でセグメントの切開きを行う接続工事では、その構造の複雑さゆえ、構造安定性、防水性、耐久性等を踏まえた品質、機能の確保が重要であることは言を俟たない。本工事では、横連絡坑の牽引ジャッキ方式の鋼殻推進や、Uターン路の小口径曲線パイプルーフ、鋼製枠のように、合理的で確実性のある施工方法を考案し、構造物の品質、機能向上を図った上で、シールド掘進、道路床版との同時施工を進め、過去のトンネル工事では例を見ない工程短縮を実現した。今後の道路トンネル建設計画でも同種の接続工の必要性が見込まれる中、本工事の取り組みが次期プロジェクトの参考になれば幸いである。

5. 過去の発表経緯

- 1) 谷口 敦, 西岡 巖, 後藤広治：品川線シールドトンネルの高速施工に向けた取組みについて，第 28 回日本道路会議論文集，35P04，2009.
- 2) 谷口 敦, 後藤広治, 水内満寿美, 福田 隆正：大断面長距離シールドにおける一次覆工の高速施工と品質向上，トンネル工学報告書集 Vol.21，II-19，2011.

(2012.9.3 受付)

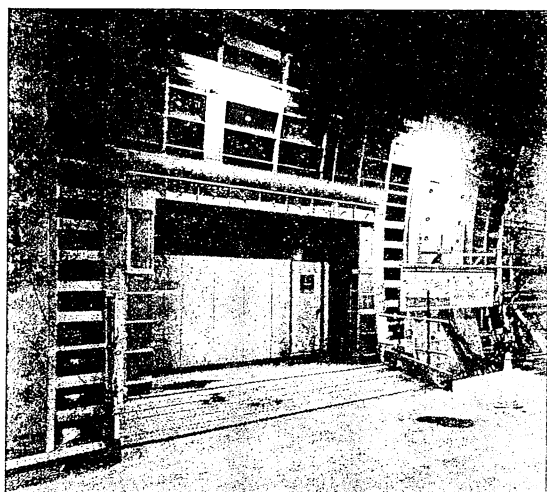


写真-7 横連絡坑全景

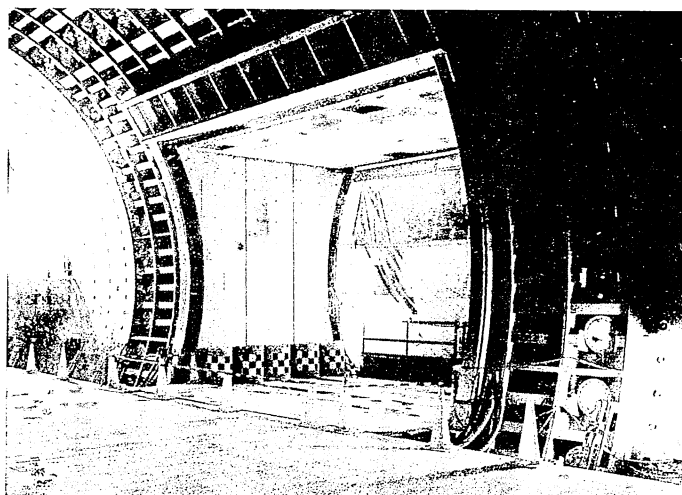


写真-8 Uターン路全景

SIMULTANEOUS WORK OF CONNECTION STRUCTURES, EVACUATION PASSAGES AND U-TURN PASSAGES, WITH SHIELD TUNNELING WORKS IN THE CENTRAL CIRCULAR SHINAGAWA LINE PROJECT

Kouji GOTOU, Nakaba IGARASHI, Yusuke YANADORI and Tsutomu TANIGUCHI

The Central Circular Shinagawa Line of Metropolitan Expressway is south part of the central circular line. In The Shield Tunneling Works of the Central Circular Shinagawa Line-2 Project, a tunnel approximately 8 km long is constructed with the use of the one shield machine. In this construction, we made it possible to work shield tunnel excavation, road slab, 11 evacuation passages and three U-turn passages simultaneously, so we had achieved shortening a term of construction work.

In this report, we wrote about those simultaneous works, various inventions and waterproofing of structures that constructed under high water pressure condition.