

多摩川を横断する長距離泥土圧シールド工事

菊池 崇¹・荒井 一昭²・古井 範雄³

¹ 正会員 前田建設工業（株） 東京土木支店 （〒102-0072 東京都千代田区飯田橋一丁目12番7号）

¹ E-mail: kikuchi.t@jcity.maeda.co.jp

^{2・3} 東京都下水道局 流域下水道本部 技術部工事課 （〒190-0022 東京都立川市錦町一丁目7番26号）

² E-mail: Kazuaki_Arai@member.metro.tokyo.jp

³ E-mail: Norio_Furui@member.metro.tokyo.jp

東京都が建設を進めている北多摩一号水再生センター・南多摩水再生センター間連絡管（以下「連絡管」という）は、両センターが保有する水処理、汚泥処理の機能を相互融通するための施設であり、多摩川上流水再生センター・八王子水再生センター間連絡管に次ぐ2本目の施設である。この連絡管の整備により、

① 処理水質の安定化、② 維持管理の効率化、③ 施設建設コストの縮減、④ バックアップ機能の確保。などの事業効果が期待されている。

本稿では、連絡管の概要、シールド工法で施工した連絡管工事の概要、掘削土処分に係わる契約後VE提案について報告する。

Key Words : river crossing , long-distance shield, value engineering suggestion , environmental load reduction , secondary lining abbreviation

1. 連絡管の概要

北多摩一号水再生センターと南多摩水再生センターは、一級河川多摩川を挟んで対岸（直線の離れ約2.5km）に位置している。連絡管の平面線形は、公有地（都道・市道・公園・河川など）および一部私有地の地下を通過するルートである（写真-1、図-1）。

また、縦断線形は、図-2に示すように多摩川河床、水道局送水管、東京電力洞道との必要隔離をコントロールポイントに、トンネル排水の最低勾配2‰を

考慮のうえ決められた。

連絡管の概要は表-1のとおりである。参考に以前に施工を行った多摩川上流水再生センター・八王子水再生センター間の連絡管内部を写真-2に示す。

表-1 連絡管の概要

仕上り内径	φ 3,500 mm
施工延長	3,343.70 m
連絡管内収容物	汚水管 : φ 500mm × 2本
	汚泥管 : φ 200mm × 2本
	再生水管 : φ 200mm × 1本
	採水管 : φ 50mm × 6本
	その他各種ケーブルなど



写真-1 全体路線位置

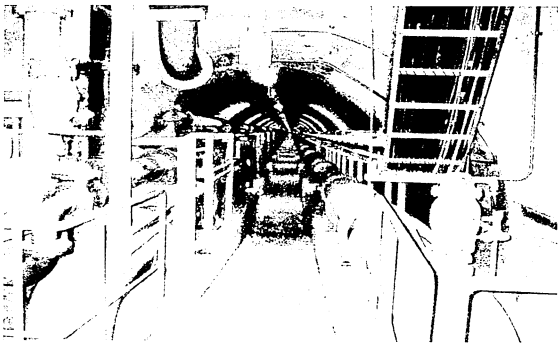


写真-2 連絡管内収容物（参考）

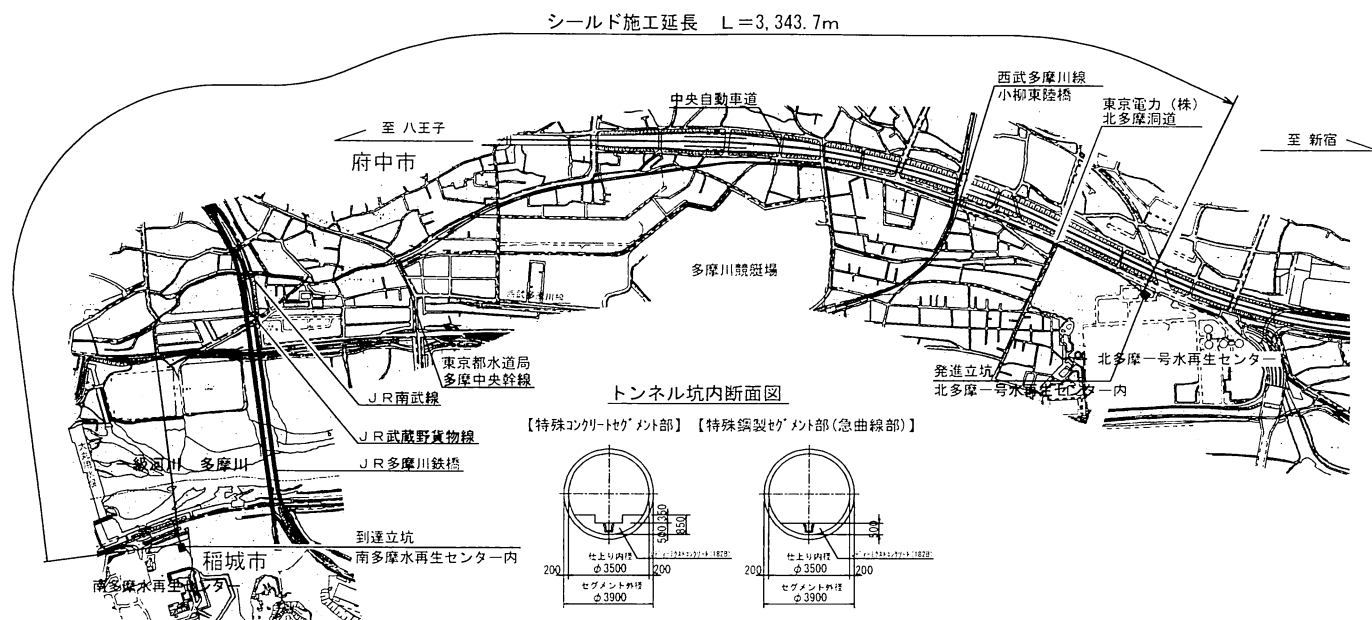


図-1 路線平面図

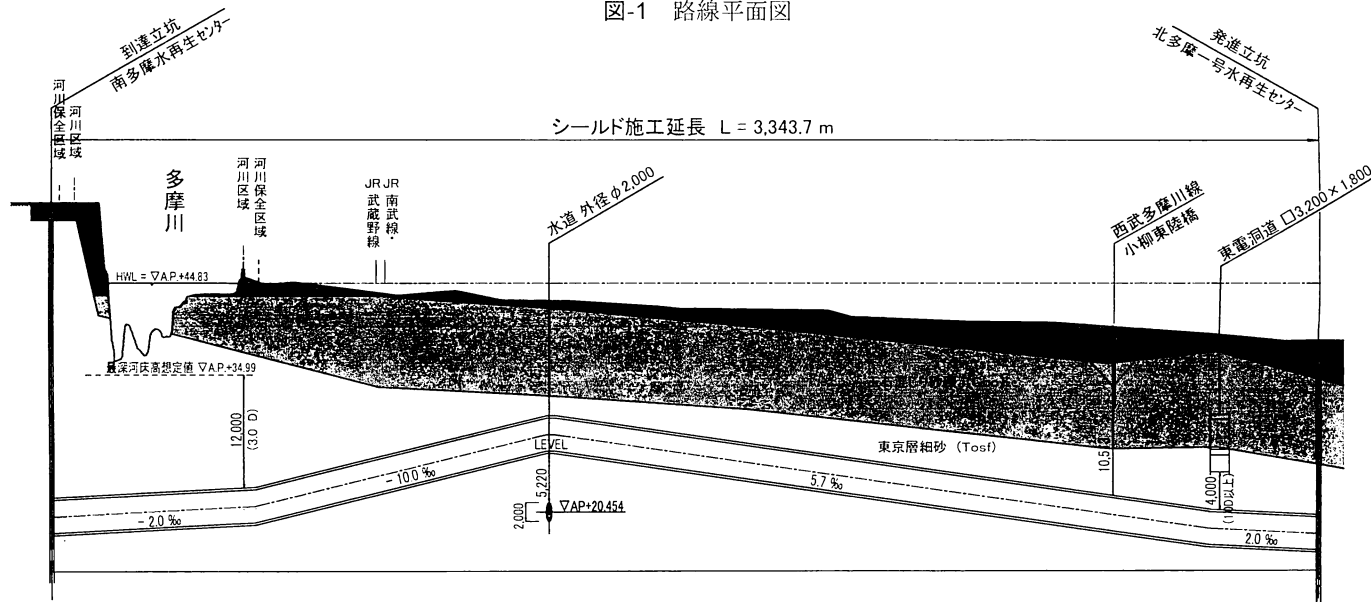


図-2 路線・地質縦断面図

2. 工事概要

連絡管工事は、北多摩一号水再生センター（府中市小柳町6-6）から南多摩水再生センター（稲城市大丸1492）まで約3.35km区間を泥土圧シールドによりトンネルを築造するものである。覆工は、直線部および緩曲線部は二次覆工省略型鉄筋コンクリートセグメントを用いて二次覆工を省略する。また、急曲線部は鋼製セグメントにコンクリートの中詰している合成セグメントを使用し施工することになっている。なお、工事はシールド1.9kmを施工する“連絡管工事”，シールド約1.45kmおよびインバート約3.35kmを施工する“連絡管そ

の2工事”に2分割して発注されている。

連絡管工事および関連工事の概略工程表を表-2に示す。

表-2 連絡管工事および関連工事概略工程表

年度	H 20	H 21	H 22	H 23	H 24
立坑工事 (オープンケーソン 北多摩一号セ)					
連絡管工事 (シールド 1.9 km)					
連絡管その2工事 (シールド 約1.45 km, インバート 約3.35 km)					
立坑その2工事 (ニューマチックケーソン 南多摩セ)					
管廊・ポンプ室等 建築工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)					
ポンプ・配管等 機械工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)					
受電設備等 電気工事 (北多摩一号セ・南多摩セ)					

(1) 地質条件

シールド通過地盤は、図-2、表-3 に示すように全区間で洪積世細砂・中砂を主体とする砂層地盤である。均等係数が小さく含水量が多いという特徴を有している。

表-3 地質構成表

地質時代		地 層 名	地 質 名	N 値	備 考
現世	現 代	埋土・造成土	ローム・瓦礫など	11～50<	
	後 期 洪積世	玉石混じり 砂 礫	礫・礫質土	50<	
第四紀	中 期 洪積世	東京層 細 砂	砂・砂質土	50<	シールド 通過地盤

(2) 施工条件

シールドは、公有地である多摩川、東京都都道（府中・川崎線）、府中市市道、府中市緑道、公園、および私有地であるサントリー(株)用地を占用して通過する。また、重要構造物である西武多摩川線、小柳架道橋（都

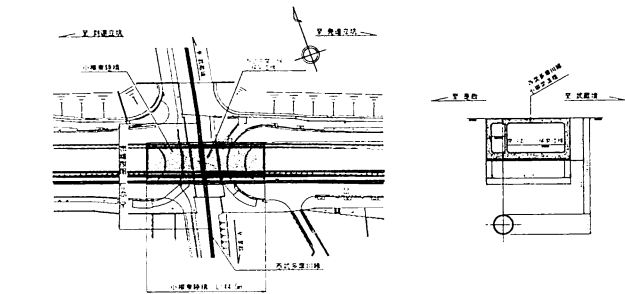


図-3 西武多摩川線・小柳架道橋通過部平面・断面図

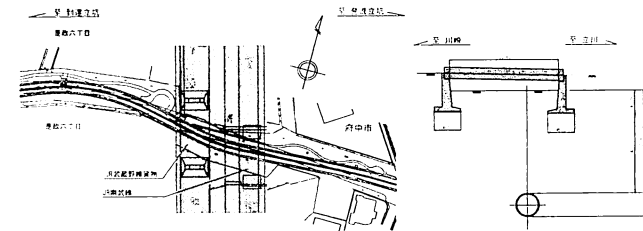


図-4 J R 南武・武蔵野線通過部平面・断面図

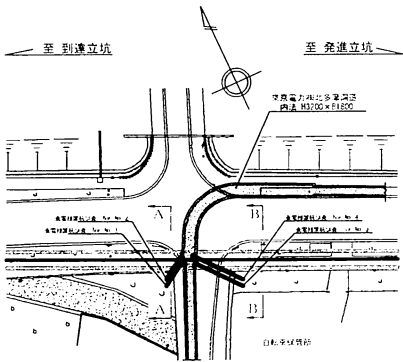


図-5 東電洞道残置杭調査平面・断面図

道アンダーパス）（図-3）、J R 南武・武蔵野貨物線（図-4）、東京電力洞道（図-5）、水道局送水管、中央高速自動車道などと近接する。そのため、工事着工に先立ち各管理者と十分な協議を行うとともに、支障物の有無などについて調査を実施した。

まず、河川管理者である国土交通省とは、シールドの多摩川渡河部が堰下流部に位置するため、河床から十分な隔離（3 D：Dはシールド外径）をとるなどの協議を行った。

次に、私有地については、サントリー(株)と協議を行い、協定締結のうえ賃貸借契約で借用した。

図-5に示すように残置杭が懸念された東京電力洞道については、ボーリング調査および磁気探査を事前に実施して残置杭の無いことを確認した。

また、重要構造物の交差・近接施工に際しては、各管理者と協議し表-4 に示す計測項目、方法、および管理値を定めて計測管理を行なった。

表-4 交差・近接構造物と計測管理値一覧表

交差・近接 対象構造物	計測 項目	計測 方法	計測管理値	
			一次管理値	二次管理値
① 東京電力(株) 北多摩洞道	水準	手動 計測	±3.0mm	±5.0mm
② 西武鉄道(株) 多摩川線	軌道計測 軌間 水準 高低 通し	手動 計測	+ : 5mm - : 2mm	+ : 7mm - : 4mm
			±4.0mm	±7.0mm
			±5.0mm	±8.0mm
			±5.0mm	±8.0mm
			±3.0mm	±6.0mm
③ 東京都建設局 小柳東陸橋	水準	手動 計測	±3.0mm	±5.0mm
④ 東京都水道局 多摩中央幹線	水準	手動 計測	-	-
⑤ 東日本旅客鉄道(株) 南武線/武蔵野線貨物	橋脚 沈下 傾斜	自動 計測	±3.5mm	±5.0mm
			±3.5分	±5.0分
⑥ 1級河川 多摩川			-	-

(2) セグメント

セグメントは、直線部および緩曲線部では幅 1.2m，桁高 200mm，6 分割の特殊コンクリートセグメントを基本仕様とした (図-8)。

一方、急曲線部では、幅 600mm，桁高 200mm，6 分割の特殊鋼製セグメント (中詰めコンクリート鋼製セグメントⅡ型) を使用した(図-9)。また、この連絡管は、二次覆工省略 (内面平滑型) セグメントを基本としていることから、自動締結型の継手 (スライドコッター・サンクイックジョイント) を使用した。

(3) 仮設備

北多摩一号水再生センター内の発進基地は、約 1,000 m²と狭小であった。また、発進基地内の地下に府中市の都市下水路が敷設されており、その上部は荷重制限されていた。そのため、発進基地内の仮設備については、立体的に配置した。

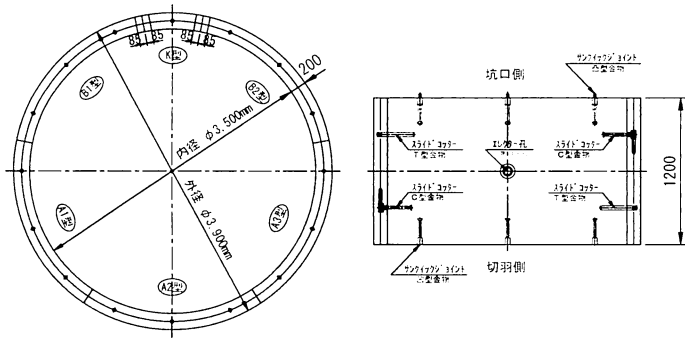


図-8 特殊コンクリートセグメント (スライドコッター・サンクイックジョイント) 構造図

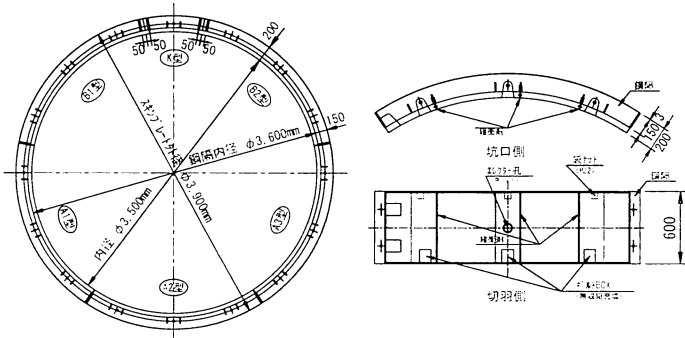


図-9 特殊鋼製セグメント (中詰め) 構造図

シールド内径 $\phi 3,500\text{ mm}$ と比較的小さく、また延長が 3,350mと長いため、トンネル内作業環境の改善による労働衛生面、安全管理面の配慮が必要とされた。また、掘削地盤が均等係数の小さい滞水砂層であることから、スクリーゲートからずり鋼車への移送時に噴発の可能性が危惧された。以上のことから、掘削土搬送方法を当初の鋼車から流体輸送に変更した(図-10)。

(4) その他の対策

- 長距離かつ高水圧下での掘進施工であることから、止水性に配慮して、次のような対策を講じた。
- ① S E W壁の大割れを防止するため、S J M工 (スーパージェットミディール) で発進部背面を改良した。
 - ② 長距離掘進・急曲線・高水圧施工であることから、シールドテールブラシは、3段にし最後の1段はシリコンでワイヤーブラシを包み込み、テール部の止水性・耐久性を向上させた(写真-4)。
 - ③ シールド本体の前胴外周部に、注入用バルブを取付けて出水時に緊急注入による止水ができるようにした。
 - ④ セグメントシールは、全周貼りとした。

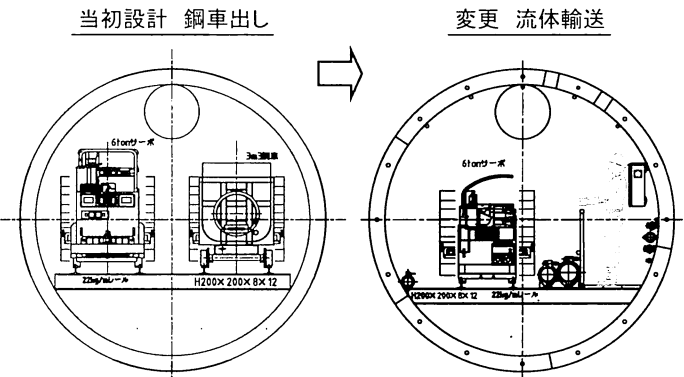


図-10 坑内設備断面比較図



写真-4 3段テールブラシおよびシリコンシール

4. 掘削土処分に係るV E提案

本工事は契約後V E対象工事に指定され、請負者からV E提案が出された場合、流域下水道本部の契約後V E工事技術審査委員会（以下「審査委員会」という）で審査することになっている。平成10～14年度の試行期間を経て平成15年度から正式に契約後V Eを運用している。

本工事で行った掘削土処分に係るV E提案について述べる。

(1) V E提案の概要

シールド形式が泥土圧であるため、当初設計において、掘削土を建設泥土（産業廃棄物）として処分することになっていた。

一方、当社は地球環境への貢献を経営方針に掲げ、工事における環境負荷の低減を全社一丸で取り組んでいるところである。

本工事においては、掘削地盤の大半が砂質層（細砂）である特徴から、流体輸送された掘削土を分級することが考えられた。このことにより、建設泥土から砂分を分離し建設発生土とすることができる。掘削土を建設発生土として再利用できれば、環境負荷の低減およびコスト縮減になると考えた。

まず、土質データに基づいて物質収支計算を行った。その結果、掘削土の95%が74 μ m以上の礫・砂であり、74 μ m以下のシルト・粘土は5%に過ぎないことがわかった。

さらに、東京都の産業廃棄物の管轄部署及び建設副産物の管轄部署と協議を行い、本工事の分級システムで分級された74 μ m超の礫・砂は建設発生土に該当するとの見解が得られた。

次に、狭小な発進基地内に分級システムを設置する可能性について検討を行った。水再生センターと協議を重ねた結果、センター内にセグメントストックヤード約450m²を確保できたことと、省面積型の分級システムを立体的に配置することにより各種プラント設備を設置できることがわかった。設備の配置を図-11に示す。

これらの検討・協議を踏まえ、掘削土の大半を建設発生土として再利用できると判断し、審査委員会に対して以下のとおりV E提案を行った。

- ① シールド掘削土を建設発生土として再利用するため、分級システムを設置する。分級システムは騒音・振動の発生源となるため、防音建屋で防音する(写真-5, 6)。
 - ② 分級システムはふるい方式とし、74 μ m超の礫・砂を一次処理土（建設発生土）として再利用する。
 - ③ 74 μ m以下の泥水は、加圧脱水処理を行い二次処理土（建設泥土）として処分する。
- ①～③により、工事費を概算で約12,600千円低減することができる。

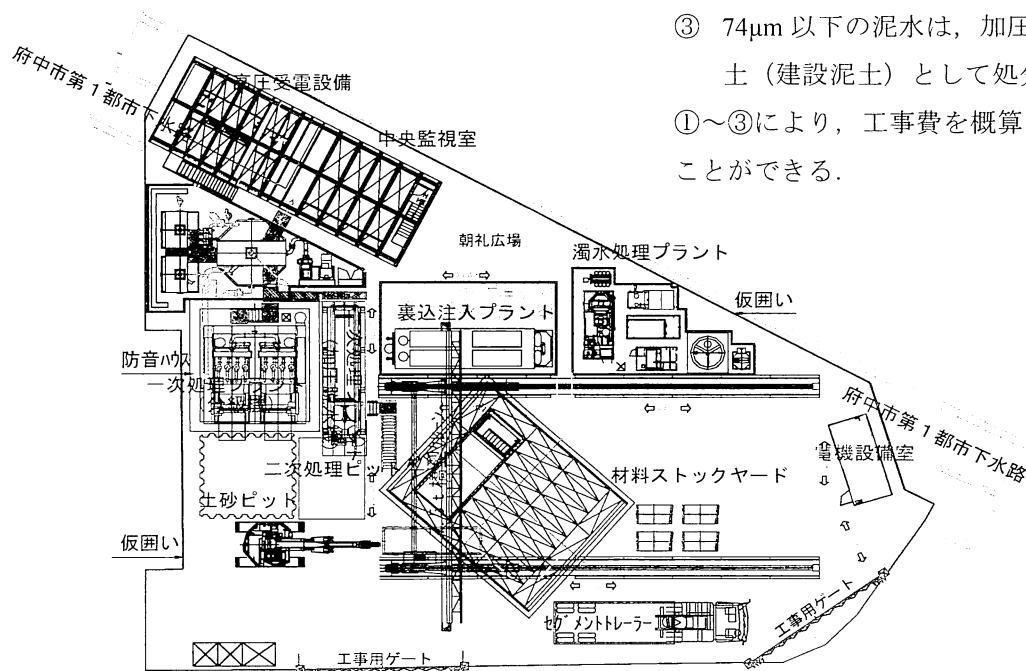


図-11 発進基地設備配置図（発進用地 1,000m²）

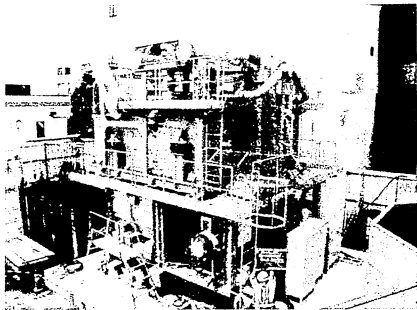


写真-5 分級システム（振動篩）



写真-6 防音ハウス

(2) VE提案の審査・採用

審査委員会では、提出されたVE提案書について、以下の手順で審査が行われた。

まず、審査委員会の下部組織である作業部会において、提案書の記載内容の確認、概算低減額及び算出根拠の精査等が行われ、「工法等の経済性」「環境対策」の評価項目で当初設計より優れると評価された。

次に、審査委員会において、VE提案書及び作業部会による審査調書をもとに審査が行われ、

- ① 分級システムを追加で設置することにより、掘削土処分に係るコストの縮減が図られること。
- ② 産業廃棄物として処分される建設泥土を建設発生土として再利用することにより、環境負荷の低減が図られること。

などを勘案し、VE提案として正式採用されることになった。

5. 得られた結果

平成21年8月、シールド発進立坑が北多摩一号水再生センター内に完成し、平成21年10月からシールド掘進を始め、平成23年2月末に南多摩水再生センターの到達立坑に到達した(写真-7)。また、写真-8は到達時のカッタビットの様子であるが、摩耗がほとんどなかった。平成23年8月に竣工を迎え3,350mの連絡管シールドトンネルが完成した。写真-9は坑内状況である。

重要構造物である西武多摩川線、小柳架道橋（都道アンダーパス）、東京電力洞道、JR高架橋、水道局送水管との近接交差、急曲線部（最大R=50m）および多摩川河床の横断の施工においては、掘進管理・計測管理により沈下等を生じることなく通過できた。

掘削土搬送方法を当初の鋼車から流体輸送に変更したことにより、坑内環境が向上し、無災害で工事を完了した。さらにVE提案によるコストダウンも計画通り達成した。また、施工サイクルも向上し原設計約10m/日に対し実施工では18m/日を達成した。

本工事で得られた知識やノウハウを今後のトンネル技術の発展に是非活かしていきたいと考えている。

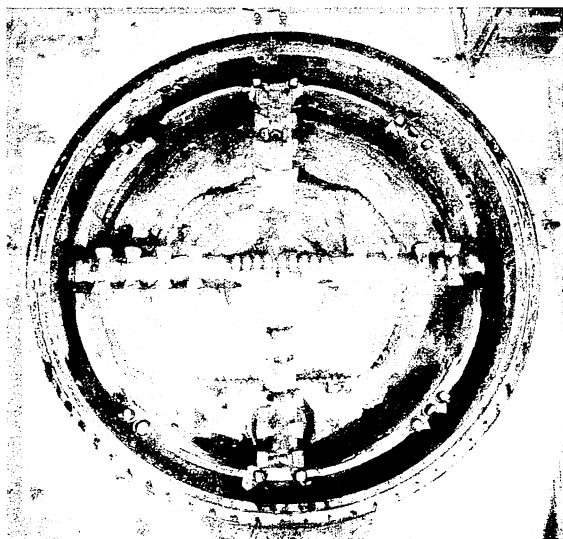


写真-7 シールド到達



写真-8 到達時カッタビット状況

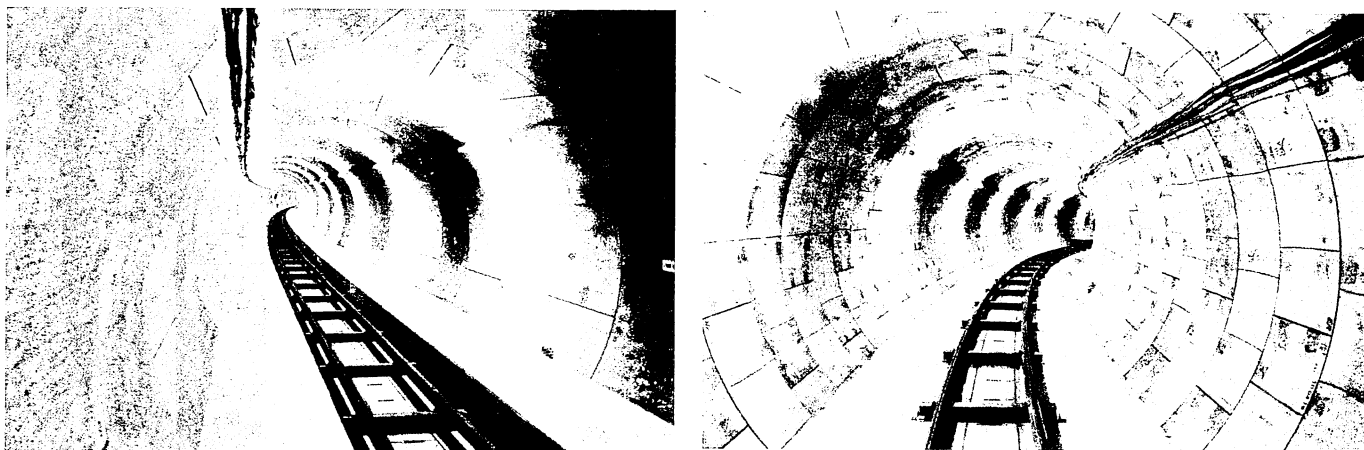


写真-9 坑内完成写真

参考文献

- 1) 日本トンネル技術協会：トンネルと地下 479 号 vol. 41
no. 7 2010
- 2) 環境新聞社：月刊下水道 2010.8 VOL. 33 No.9

The long-distance earth pressure balanced shield construction to cross the Tama River

Takashi KIKUCHI , Kazuaki ARAI and Norio FURUI

A communication pipe between Kita-tama water reproduction center where Tokyo pushes forward construction, Minami-tama water reproduction center is an institution to lend it the water processing that both centers hold, a function of the grime processing mutually, and the following business effects are expected by the maintenance of this communication pipe.

① Stabilization of the processing quality of the water, ② Efficiency of the maintenance, ③ Reduction of the institution construction cost, ④ Securing of backup function .

In this report, I report VE (**value engineering**) suggestion after a contract to affect the summary of the communication pipe, a summary of the communication tubing which undertook construction in TBM tunneling, digging soil disposal.