

大断面下河川シールド工事における 月進 200m への挑戦と産業廃棄物の削減の試み

今石 尚¹・河本武士¹・清水孝之²

¹正会員 大成・熊谷・清水・東急・白石建設共同企業体（〒164-0027 東京都中野区野方五丁目 25-4）

²東京都第三建設事務所（〒164-0001 東京都中野区中野四丁目 8-1）

東京都では、神田川流域の洪水対策の一環として神田川・環状七号線地下調節池事業を実施している。1 期工事に引き続き、現在 2 期工事を施工中である。

本工事は、環状七号線の直下約 40m の位置に内径 12.5m の調節池を延長 2.5km に亘り、泥水式シールド工法にて築造するものである。

本調節池の供用開始予定時期が平成 17 年度に設定されているため、大断面シールドでは過去に例を見ない月進 200m の進捗の確保に挑戦している。またシールド工事に伴い発生する掘削土量も多量となるため減量化に取り組んでいる。

キーワード：シールドトンネル、地下河川、高速施工、大断面、コストダウン

1. はじめに

神田川は、三鷹市井の頭公園の池が源で、途中、善福寺川及び妙正寺川と合流し、JR 水道橋付近で日本橋川を分派し、隅田川に注ぐ、延長 24.6km の一級河川である。

本川の流域は、武蔵野市、杉並区及び新宿区などの 2 市 13 区を持つ、都内最大規模（面積 105km²）の重要な中小河川である。

神田川の整備は、日本橋川の分派点を境に、下流側を高潮対策事業で、上流側を中小河川整備事業で、実施している。

中小河川整備事業は、これまで、1 時間 50 ミリの降雨に対して河道の拡幅や分水路、地下調節池などを整備している。



図-1 神田川・環状七号線地下調節池位置

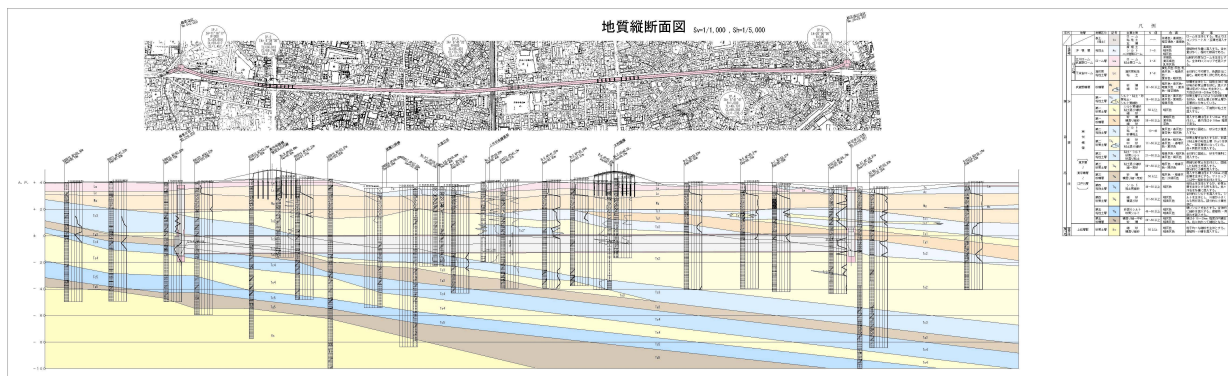


図-2 平面図及び地質縦断面図

神田川・環状七号線地下調節池は、水害が頻発している神田川の中流域に将来計画している「環七地下河川」を先行的に整備し、当面これを調節池として利用するものである。事業は、環状七号線の道路下に延長 4.5km、内径 12.5mのトンネルを建設し、ここに神田川と善福寺川の洪水約 54 万 m^3 を貯留するものである。

本工事は、この事業の二期工事にあたり平成 9 年より供用を開始した一期工事で施工された 2.0km の続きとなる 2.5km を施工する。

以下に工事の概要を示す。

また、図-2 に平面及び土質縦断面図を示す。

[工事概要]

工期：平成13年6月12日から平成16年11月8日

施工場所：東京都杉並区梅里一丁目地内から

中野区野方五丁目地内

トンネル施工延長：2,528.28m

シールド掘削方式：泥水式シールド工法

シールド外径：φ13.44m

セグメント形式：

鋼コンクリート合成セグメント（嵌合方式）

セグメント寸法：外径13.2m，厚さ0.35m

幅1.5m：標準部

1.2m：曲線部

掘削対象地盤：

東京層 粘性土層 N値13～50以上

砂質土層 N値11～50以上

砂礫層 N値35～50以上

1) 平成 14 年 5 月から開始したが、二期工事の発進立坑の完成時期、及びシールド機の製作期間を考慮すると、シールドの発進は、シールド機の工場製作、現地組立、坑内外設備、シールド発進設備等が完了する 12 ヶ月後の平成 15 年 7 月下旬以降となる。

2) シールドの掘進は、初期掘進 100m 及び段取替えに必要な所要工程を考慮すると、本掘進の 2,400 m を 12 ヶ月で掘進する必要がある。

すなわち、本工事では月進 200m の進捗を確保する必要がある、これは大断面シールドでは過去に例を見ない月進捗量であり、月進 200m を確保するための施工サイクル等の検討が必要である。

表-1 に工事工程表を示す。

クリティカルな工程は、シールド機組立 4 ヶ月、地上設備 3 ヶ月、初期掘進 1.5 ヶ月、段取替 4 ヶ月、本掘進 12 ヶ月、シールド機解体 2.5 ヶ月である。

表-1 工事工程表

年 月	平成14年												平成15年												平成16年											
	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11					
工程																																				
準備工																																				
シールド機組立工																																				
地上設備工																																				
シールド掘進工																																				
段取替工																																				
設備撤去工																																				

(2)作業環境

本工事の発進立坑作業基地は、閑静な住宅街に位置し、大部分が第一種住居専用地域である。

作業基地面積は約 3,600 m^2 であり、近隣への日影の影響を考慮すると、基地内設置可能な構造物の高さは 10m 以下である。

日進量の確保のためには、以下の課題がある。

1) 地上及び立坑下への資材の揚重の効率化

2) セグメントのストックヤードの確保

図-3 に作業基地の平面図、写真-1 に作業基地全景を示す

2. 本工事における課題

(1)工期

神田川・環状七号線地下調節池事業は、事業効果を早期に発揮させることが求められており、調節池（第二期）工事は平成 17 年度の出水期に供用を開始する予定となっている。

工程に関して以下に示す課題があった。

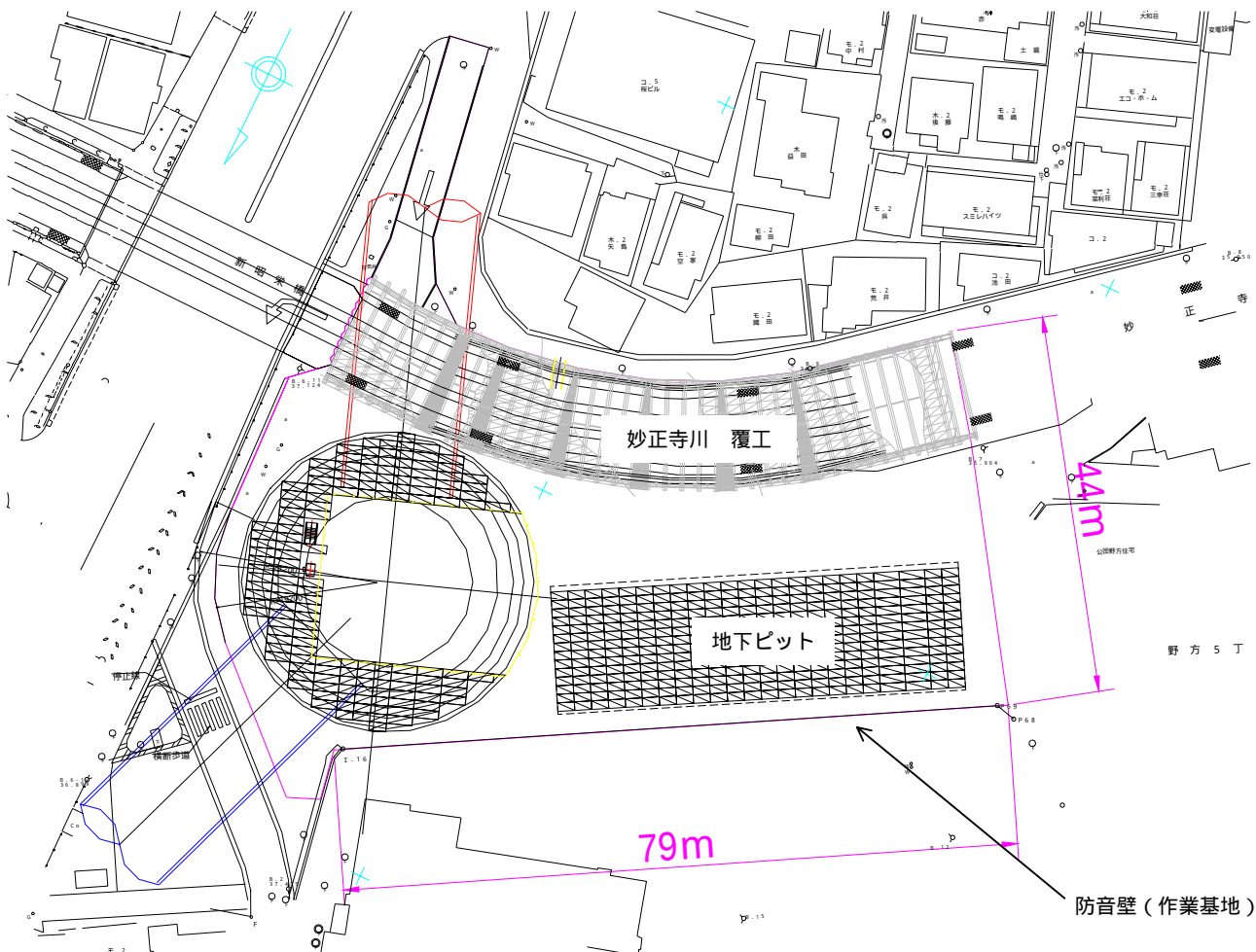


図-3 発進立坑基地平面図



写真-1 発進立坑基地着手前

(3) 二次処理土の減量化

本工事は、大断面シールド工事であるため掘進に伴い発生する掘削土量は 1m 当たり約 160m³ となり、施工延長全体では約 42 万 m³ と膨大となる。

この発生土のうち、産業廃棄物扱いとなる二次処理土量は約 12 万 m³ であり、全体の 3 分の 1 を占める多量なものである。

3. 月進 200m の確保と二次処理土の減量化

月進 200m の確保と二次処理土の減量化を達成するため以下の方策を検討し、実施している。

(1) 月進 200m 確保のための方策

月進 200m を確保するためには、日掘進量 9m (1.5m × 6 リング) 以上を確保する必要がある。

そのためには、1 リングの施工サイクルを 2 時間以内とする必要がある。

日掘進量 9m 時の施工サイクルを図-4 に示す。

このサイクルタイムを実現すべく、サイクルタイムを検討した結果、以下の方策を実施している。

- 1) セグメントのボルトレス化
- 2) エレクタの半自動化
- 3) 立坑セグメントリフトの設置

セグメントにボルト継手を用いた場合、ボルトの締結時間が大断面シールドでは、ボルト径が大きくなり本数が多くなるため、組立時間に占める割合が大きくなる。そこで、セグメントにボルトレスセグメントを用いることを考えた。

セグメントには、11 分割の鋼コンクリート合成セグメント（嵌合方式）を採用している。セグメントピースを写真-3、セグメントの分割を図-5 に示す。

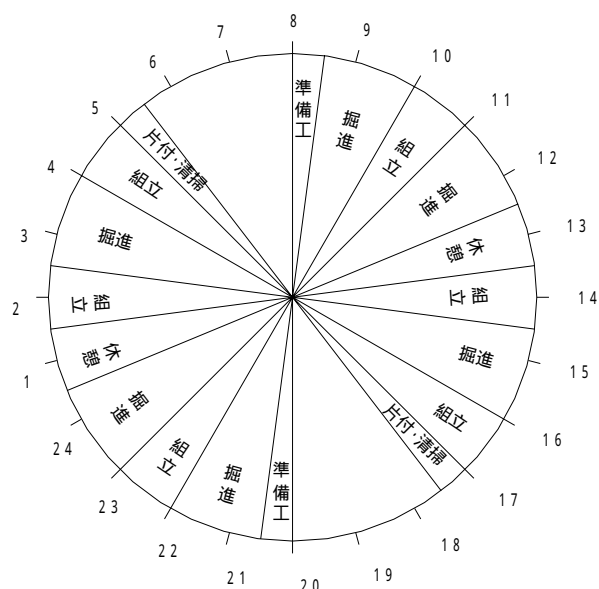


図-4 日進6リング時施工サイクル



写真-2 鋼コンクリート合成セグメント

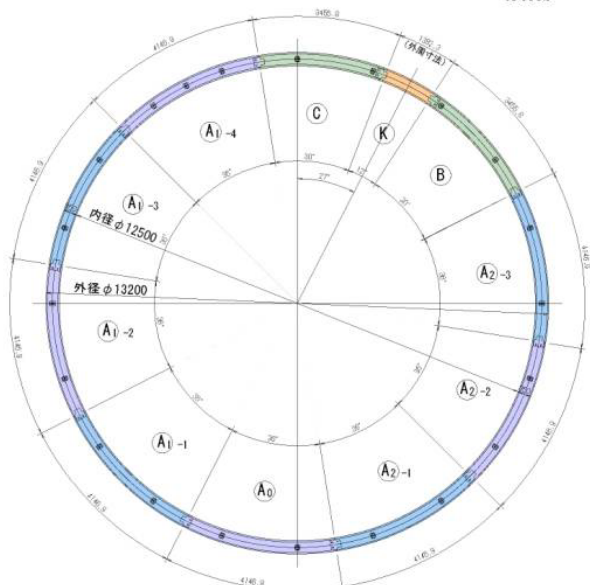
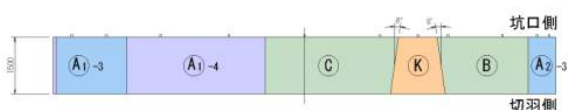


図-5 セグメント分割図

これまでの大断面シールドでは、ボルト継手が多く用いられたため、セグメントの組立は全自動で行われていた。全自動の場合、機械能力に依存するところが大きく、短縮は困難である。今回採用したセグメントは、嵌合方式であり継手自体に調芯機能を有する構造である。セグメントの組立時の位置合わせを人為で行うことにより、セグメントの調芯機能を生かし、作業員の熟練による位置合わせの短縮を考え、半自動の組立装置を採用することとした。

また、大断面シールドにおいては、セグメント組立時の作業が高所作業になりやすいため、安全性にも寄与することが期待できる。

半自動エレクタを写真-3に示す。



写真-3 半自動エレクタ

また、前述のように作業基地の面積が小さいため、月進200mを達成するためには、セグメント、配管、軌条材料等ストックのためのスペースを確保することが必要である。さらに、立坑が大深度であるため、荷役作業における安全性の確保が課題となる。これらの課題を解決するため、立坑上に覆工を設置してストックヤードとするとともに、リフトを設置することを考えた。

本掘進時の基地の状況を写真-4、発進基地の平面図を図-6、セグメントリフトを写真-5に示す。



写真-4 本掘進時作業基地全景

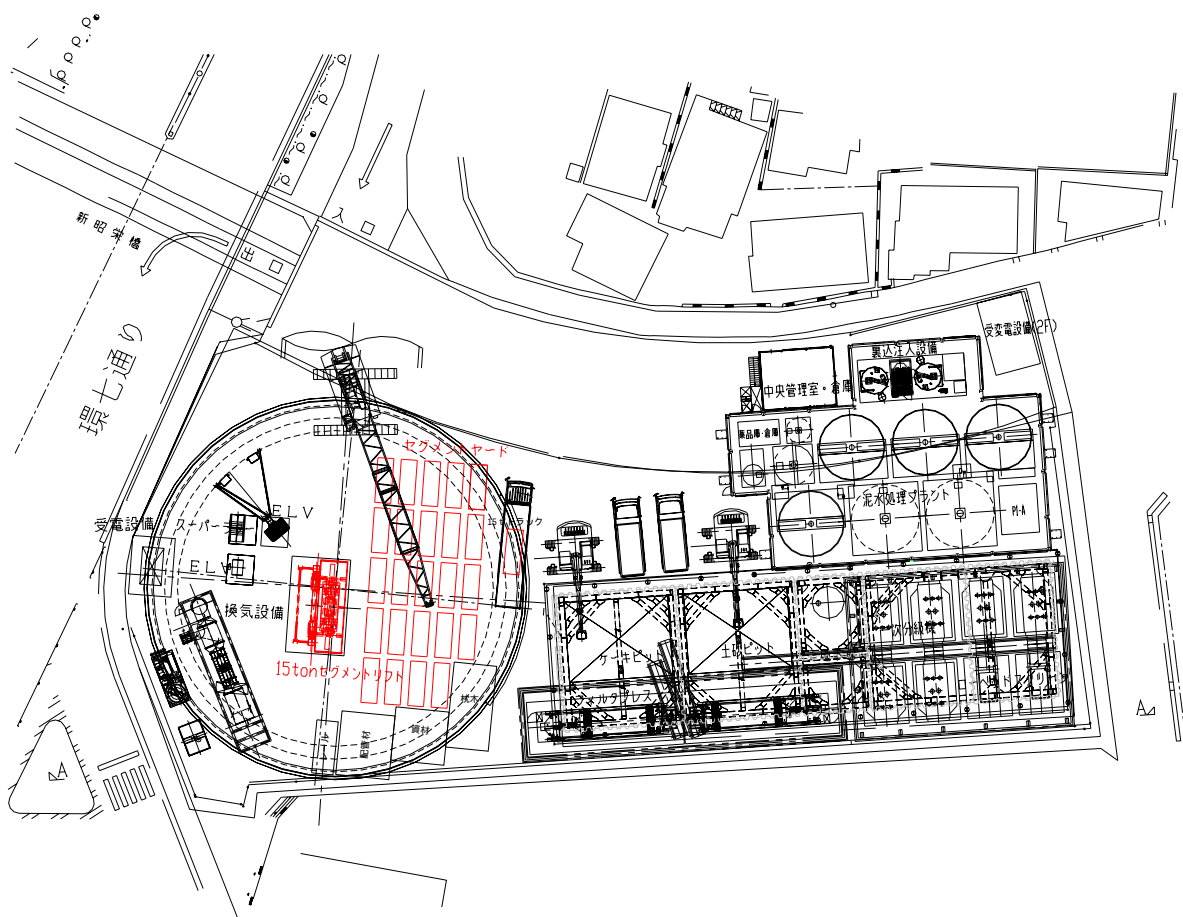


図-6 発進基地平面図

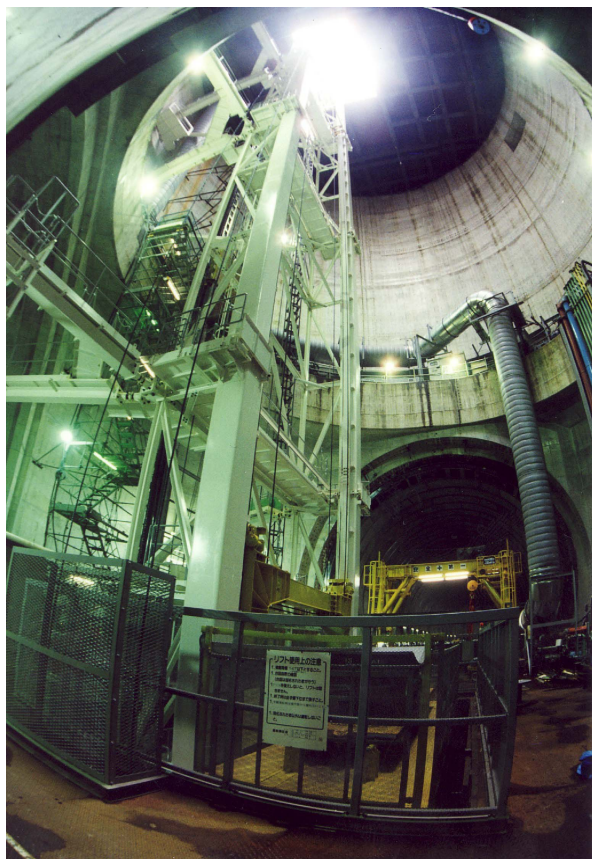


写真-5 セグメントリフト

(2) 発生土の減量化の方策

作業基地面積が小さいため、当初は省面積立坑システムのプラント技術を考慮した。この技術内容は、以下のとおりである。

固形回収システム

泥水濃縮システム

は粘性土を固形のまま取り込み一次処理土として処理し、二次処理土の減量化に寄与する。

は余剰泥水を固形状にならない比重 1.4 から 1.5 程度に濃縮するものであり、流動化処理土の原料として再利用することでリサイクルに寄与する。

このシステムを採用した場合、二次処理土量は約 12 万 m^3 と発生土の約 3 割を占める。また濃縮泥水は、含水比の高いヘドロ状であるためタンク車で搬出する必要があった。

このため、二次処理土量を低減する方策として、以下の内容について取り組んでいる。

これにより、二次処理土量を約 3 割削減することを図っている。

1) 固形回収システムの採用

2) 高圧フィルタープレスの採用

1) 固形回収システムの採用

固形回収システムとは、掘削する粘性土地山を排泥管で輸送可能な最大の大きさに切り出し、固形状の土砂のまま回収するものである。これにより、泥

水輸送中の土砂が排泥水中へ溶け込む量を減らし、余剰泥水を減量化することによって、二次処理土量を減量化するものである。

このためには、粘性土層を深く切り込むための先行ビットが必要となる。さらに、カッタビットで深く切り込むために、掘進速度を変えないでカッタの回転速度を遅くする必要がある。

以上より今回の固形回収システムとしてシールド機に以下の装備を行った。

伸縮先行ビット

インバータモータ

今回の計画では、シールド機への負担を考慮して、シルト層を厚さ 25mm、幅 120mm で切削することとした。

伸縮先行ビットは、カッタフェイスのボックス部に格納され、供用時に油圧ジャッキにより押し出す。伸縮先行ビットの高さは、先行ビット及びカッタビットと比較して、それぞれ 15mm、30mm 高く設定した。

インバータモータは、掘進速度 20mm/min 時でカッタビットの切り込み深さを 25mm とするために回転速度を通常の 0.38rpm から 0.1rpm まで可変可能とした。

シールド機を写真-6、図-7 に示す。

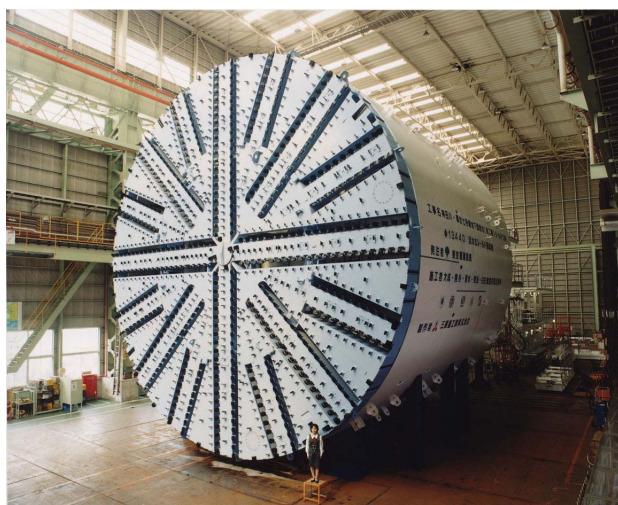


写真-6 シールド機

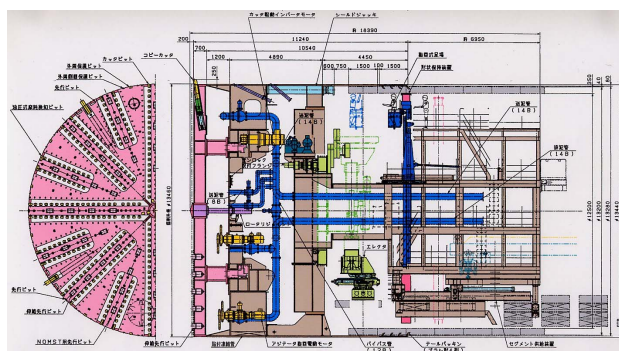


図-7 Φ13.44mシールド機

2) 高圧フィルタープレスの採用

二次処理土の減量化のため、二次処理土の含水比の低下を検討した。

当初、濃縮泥水を搬出した場合、約 12.3 万 m^3 の二次処理土が発生するが、高圧フィルタープレスを採用した場合、含水比を 50% まで低減でき、二次処理土量は約 8.5 万 m^3 となることを確認し、約 3 割の減量化が可能であることがわかった。

高圧フィルタープレスを写真-7 に示す。



写真-7 高圧フィルタープレス

4. おわりに

段取替の工程を再検討し、施工方法、順序を検討した結果、本掘進が予定より 1 ヶ月前倒しの平成 16 年 10 月 1 日から開始できた。

平成 16 年 2 月末現在、本掘進は順調に進行しており、当初予定の月進 200m を平均で確保できている。これは、前述の取り組みの他、1 日に約 320 台のダンプトラック、80 台のセグメント搬入トラック、裏込材及び軌条資材他、車両運行を円滑にするために搬出路を改造した成果があったと考える。

シールド掘進進捗について、平均月進 200m を確保するために今後も努力する所存である。

また、二次処理土の減量化の成果についても確認を行う予定である。

なお、工事関係者と地元の代表の方で運営する工事情報連絡会を通じて、工事現場周辺への適切な情報提供を行うことによって、円滑な施工体制を構築することができたことを関係各方々に感謝する次第である。