

33. 両発進立坑における長距離・高速掘進シールドの施工実績

鹿島建設株式会社中央幹線工事事務所
木田 博光、○江森 道雄、山田 敏博

1. はじめに

本工事は、東京ガス(株)がガス供給の安定確保を図るため、新たな高圧幹線として全長 23.1km の高圧ガス幹線「中央幹線」(図-1 参照)を建設する工事である。

シールド工事はトンネル1本あたりの目標月進量を 400m (掘進長 3 km まで)とし、5 台のシールド機にて 2 箇所の両発進立坑と 1 箇所の発進立坑から同時施工を行った。

このうち 2 箇所の両発進立坑では、プラント用地も含め 1,000 m² 前後の極めて少ない敷地条件の中で毎月 800m 以上必要となるセグメント他資材の受入れ、また目標月進量確保のために到達時点まで掘進サイクルを変えない切羽へのセグメント供給方法等の課題があった。そこで親子シールド、立体自動倉庫を応用したセグメントストックシステム、坑内へのセグメント搬送を最大 4 リング一括搬送で行うことで搬送時間の短縮を図り、これらの課題に対応した。

本稿では、最大月進量 1 km となった進捗に対しても資材の受入れと供給は十分に対応できた設備の概要及び施工実績について報告する。

2. 工事概要

(1) 工事件名

中央幹線建設工事 シールド工事

(2) 施工場所

始点：葛西ガバナステーション (葛西GS)

終点：草加ガバナステーション (草加GS)

(3) 企業者

東京ガス株式会社

(4) 施工者

鹿島・清水・大林・大成建設共同企業体

(5) シールド工事期間

平成 15 年 10 月～平成 19 年 6 月

(配管工事及び立坑埋め戻し期間含まず)



図-1 中央幹線ルート図

3. 施工条件

(1) 進捗量

シールド機 1 台の掘進長は最大 6.3 km と長距離であるが、月進量は掘進長にあわせて下記のように設定した。

3 km まで：月進 400m (日進 20m)

3 km～4 km：月進 350m (日進 18m)

4 km 以上：月進 300m (日進 16m)

(2) セグメント

セグメントは本設構造物とし、腐食代 2 mm を考慮すると共に、土質・施工条件に応じタイプを変えた (17 タイプ、31 種類)。坑内断面を図-3 に示す。

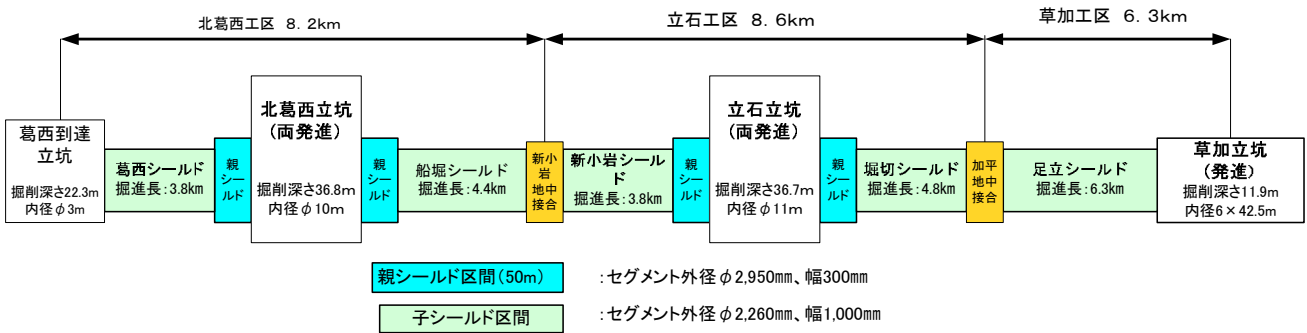


図-2 シールド工事概要

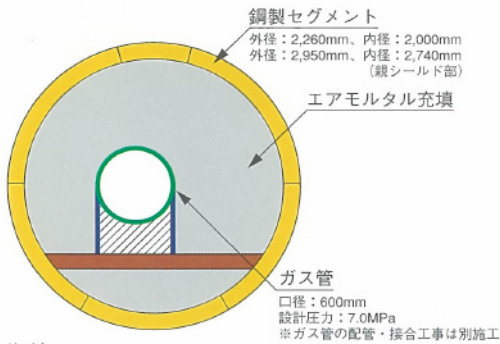


図-3 坑内断面図

(3) 両発進立坑

立石立坑と北葛西立坑は密集市街地内であり、全て民地を利用した両発進立坑とし、最低限の面積で施工することとした。両立坑の敷地面積は、立石立坑が 1,051 m²、北葛西立坑が 870 m²であった。

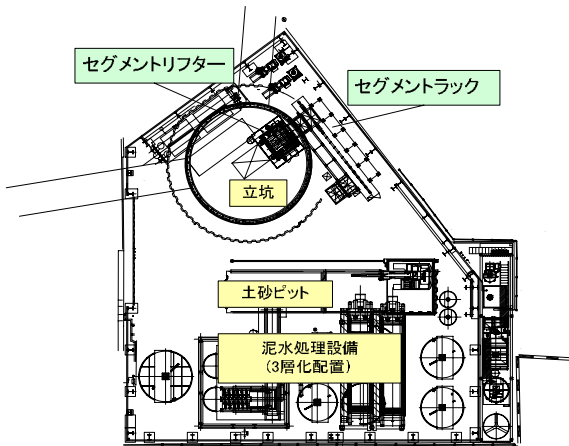


図-4 立石立坑平面図

4. セグメント供給の問題点と対策

シールド工事は泥水加圧式シールド工法で施工したため、立坑用地の 50%程度を泥水処理設備で占めた (図-4 参照)。そのため毎日 40 リング以上

必要となるセグメント他の資材は、残った用地内でのようにして受入れ、坑内への供給を円滑に行うかが重要な課題であった。

これを実現するために課題となった項目と対策について地上部及び立坑部を表-1に、坑内運搬部を表-2に示す。

表-1 地上部及び立坑部課題と対策

課題	対策
極めて少ない面積で、セグメント2日分程度 (80 リング以上) の保管場所を確保する。	セグメントラックを設置し、高層化ストックを行う。
本設扱いで異なる仕様のセグメントを各切羽へ供給する必要がある。	セグメントの在庫は、ラックの棚番号で管理し、払い出し順序は測量結果を元に決定する。
天井クレーン1台では、セグメント受入と立坑投入で 100 リング近いセグメントの荷捌きが不可能。	セグメントリフターを設置し、立坑下までのセグメント供給を自動化する
立坑深度が 30m以上で、片番最大 30 リング程度のセグメント投入が必要。	

表-2 坑内運搬部課題と対策

課題	対策
円形立坑下でのセグメント積込スペースの確保	親子シールドを採用し、セグメント積込スペースを確保する。
小口径のため船形運搬では、ロコの坑内での離合は不可能	親区間でロコの離合を行う。
到達時点でも、掘進サイクル (40 分/リング) に見合うセグメント供給を行う。	坑内 (切羽) へのセグメント供給を最大 4 リング一括搬送で行う (図-7 参照)

5. 各設備の構成

セグメントストックシステムは、トラックで運ばれてきたセグメントを一時保管するセグメントラックとラックから立坑下までセグメントの垂直搬送を行うセグメントリフターから構成される。(図-5参照)

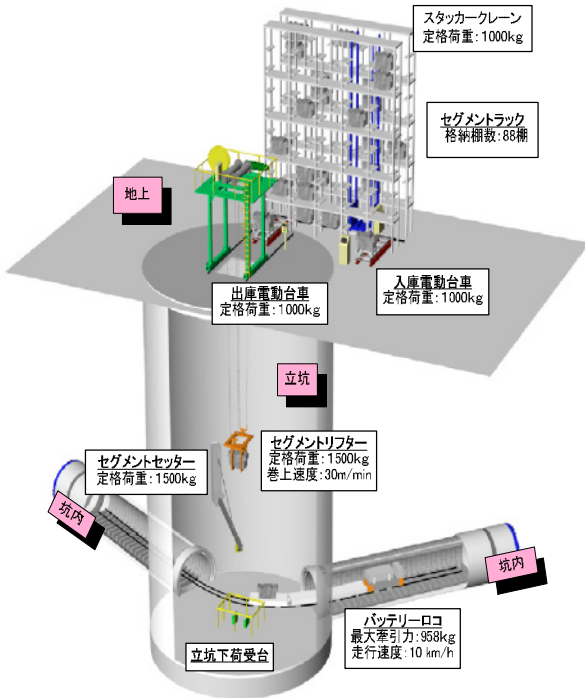


図-5 セグメントストックシステム構成図

表-3 主要設備仕様一覧

天井クレーン	
定格荷重	4.8t
操作方式	リモコン
セグメントラック	
セグメント保管数	88'リング
定格荷重	1.0t
操作方式	全自動
所要床面積	40㎡
1'リングあたり	0.45㎡/リング
垂直搬送機(セグメントリフター)	
定格荷重	1.5t
昇降速度	30m/min
セグメント把持	パワーシリンダー
操作方式	全自動
セグメントセッター	
定格荷重	1.0 t
操作方式	ペンダントスイッチ
台車部荷受け装置	
定格荷重	0.9t×8箇所
巻き上げ速度	4.6m/min
昇降方式	油圧シリンダー
操作方式	リモコン
切羽部搬送装置	
定格荷重	0.49t
巻き上げ方式	エア-ホイスト
操作方式	ペンダントスイッチ

また坑内搬送部は、バッテリーロコで搬送されてきたセグメントを一括荷受する台車部荷受け装置、エレクターへセグメントを供給する切羽部搬送装置と両装置間でセグメントを移動する自走台車にて構成される。

切羽までのセグメント搬送手順を、図-6のセグメント搬送フローに示す。搬入されたセグメントをラック荷受け台へセット後、セグメントタイプを指定してラックへ入庫する。坑内への投入は、測量結果をもとに出庫セグメントを設定すると、その後立坑下までの搬送は、セグメントリフターにて自動で行われる。立坑下ではセグメントセッターでセグメント台車に積み込み切羽まで運搬し、台車部荷受け装置へセグメントを供給する。(図-8参照)。

主要設備の仕様一覧を表-3に示す。

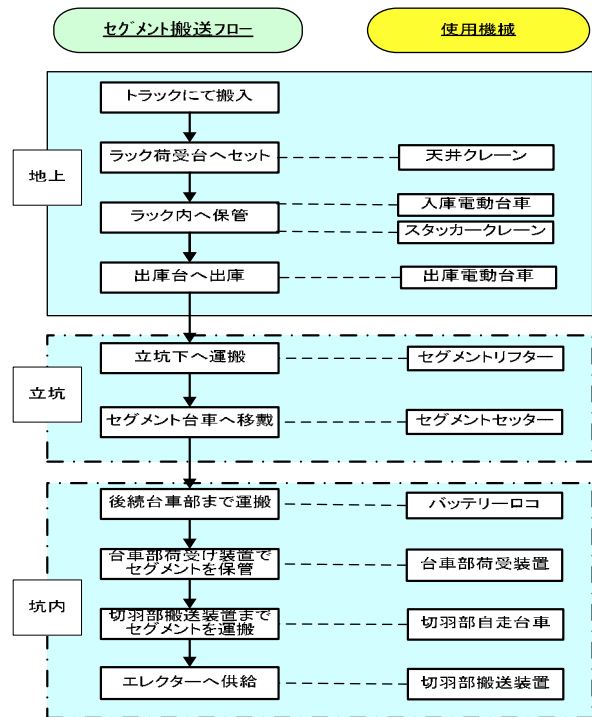


図-6 セグメント搬送フロー



写真-1 セグメントラック

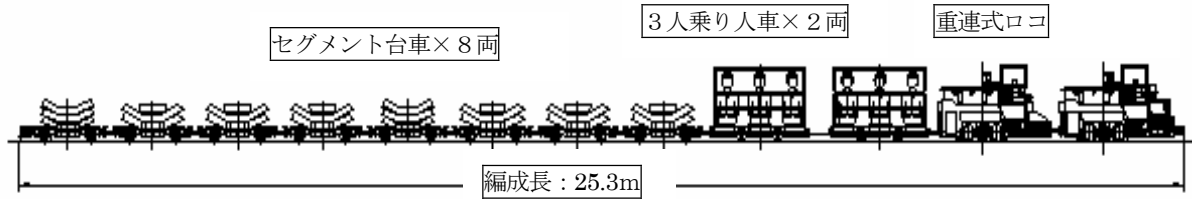


図-7 4リング搬送時バッテリーロコ編成

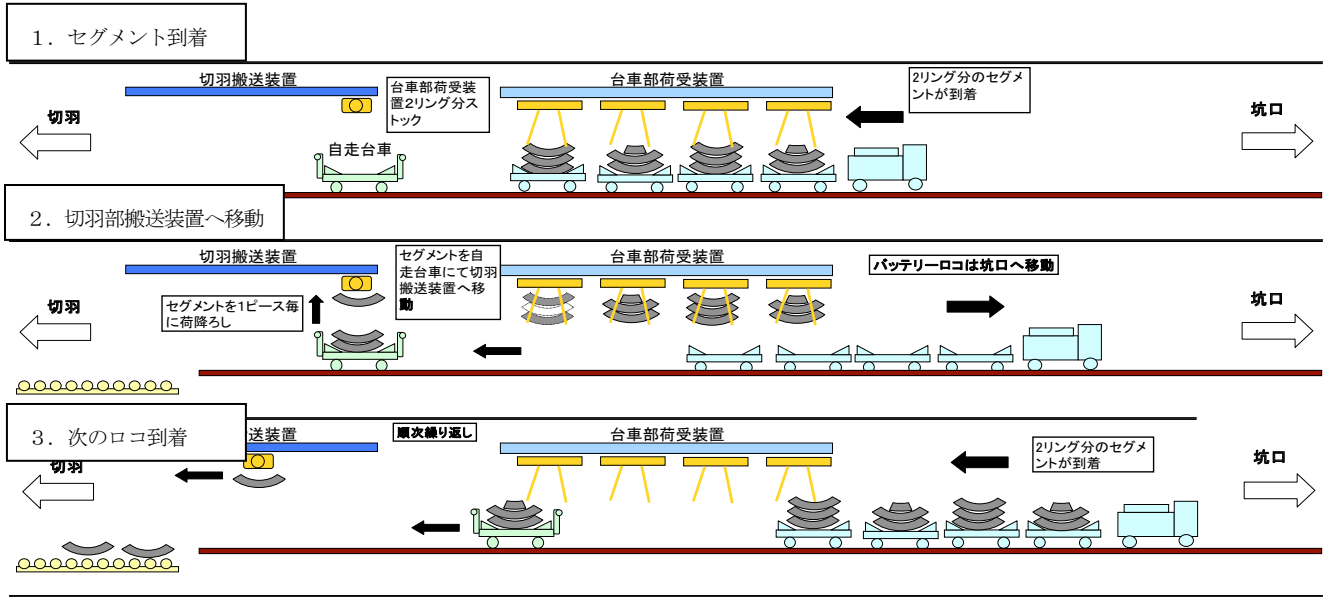


図-8 切羽部セグメント搬送フロー(2リング運搬時)

6. 設備使用実績

(1) セグメントラック

1) セグメント保管スペースの低減

セグメントラックに収納した場合のセグメント1リングあたりの占有面積は、表-2に示したように、0.45㎡であった(立石立坑)。これは88リング分のセグメントを平置きした場合の面積の約20%であり、セグメント保管スペースの低減に大きく寄与できた。

2) セグメント保管

立石工区のセグメントラックは、使用するセグメントタイプの90%以上が桁高100mmであったので、桁高100mm専用とした。土質により一部桁高が高いセグメントを使用する場合は、セグメントを3ピース毎に分割して収納した。北葛西工区については桁高150mm仕様のラックとして、桁高100mmから140mmまでのセグメントに対応できるようにした。各工区とも急曲線用の300mm幅セグメントについては、

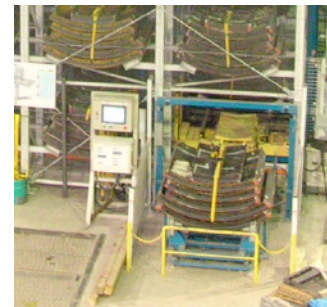


写真-2 ラック入庫部



写真-3 セグメントリフター

ベルトスリングで2リング分を固縛してラック内に収納した。

セグメントの出庫順序は、日々の測量結果をもとにJV職員が各シールド別のセグメント出庫予定を毎日管理用パソコンに入力し、管理・指示した。従って立坑上作業員は、「出庫ボタン」を押すだけでセグメントを出庫できたので、セグメントの出庫間違いを防止することができた。

(2) セグメントリフター

立坑下まで30mを超える大深度立坑であったが、専用の吊具を用いたリフターを使用したことにより、高速かつ安全に自動でセグメント供給を行うことができた。

(3) 坑内搬送実績

切羽へのセグメント供給については、どの工区も到達までサイクルタイムに影響を与えることなく、セグメントを供給できた。台車部荷受け装置部の通路については、緊急時の通路を確保するため配管受け台車を製作し、その上に通路を設置した。(写真-4参照)

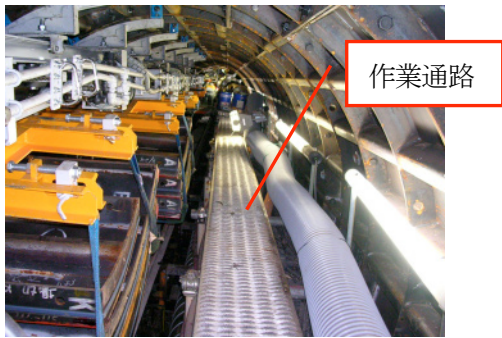


写真-4 台車部荷受け装置 (吊り上げ時)



写真-5 台車部荷受け装置(待機時)

7. 掘進実績

(1) 掘進実績

両発進立坑のうち立石立坑の掘進実績を図-9に示す。土質に起因する掘進低下はあったものの、長期休暇・段取り替え等を除けば、当初計画した進捗量を確保でき、堀切シールドでは最大月進543m、新小岩シールドでは485mを達成した。なお最大月進量は船堀シールドの552mであった。

また1立坑の進捗量としては、立石立坑においては最大月進995m、北葛西立坑では最大月進856mを達成することができた。

土質により進捗量が低下したのは、当工事のシールドマシンは砂層の長距離掘進に主眼を置きビットを配置したため、洪積粘土の中でも特に粘着力が高い土質での面板閉塞、想定外の礫層による排泥管閉塞などが工程に影響を与えたものである。

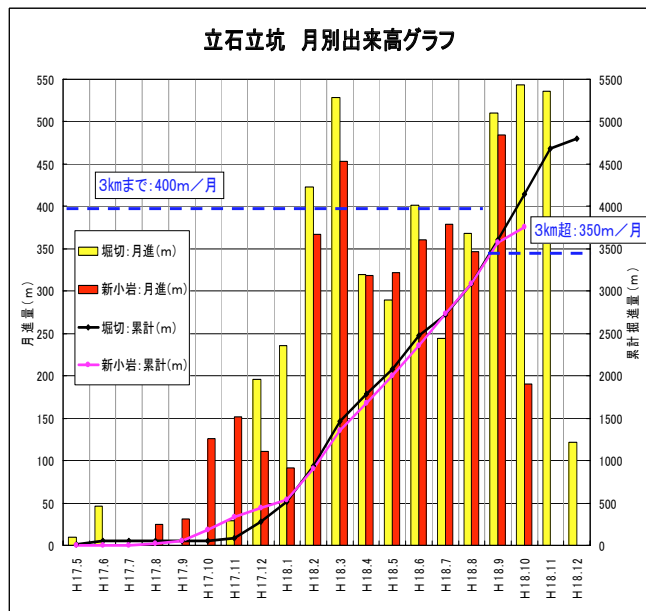


図-9 掘進実績 (立石立坑)

(2) 掘進長による進捗量の影響

計画段階では掘進長によって月進量が低下すると考えられたが、図-10に示すようにそのようなこともなかった。堀切シールドは地中接合の後着シールドであり、約1.5ヶ月工期短縮して到達したことで、地中接合工以降の全体工程短縮に大きく寄与した。

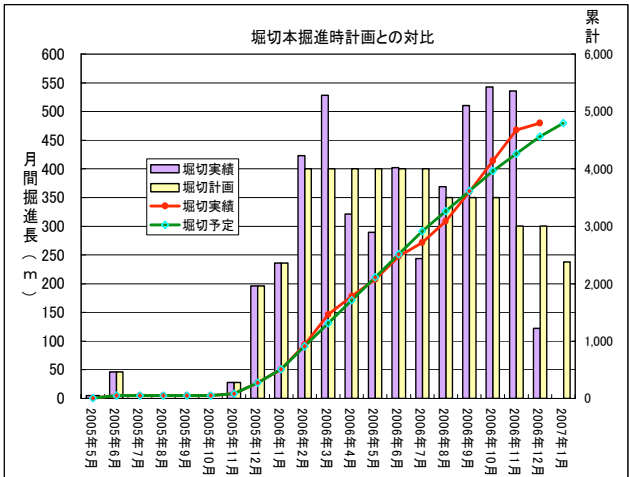


図-10 計画工程との対比(掘切シールド)

(3) 地中接合

加平及び新小岩の地中接合は、新開発した「フード部スライド+貼付凍結」方式の機械式地中接合を採用した。本工事のような超長距離施工では必ずしも先着予定のシールド機が先に接合地点に到達するとは限らない。そこで、シールド機は先着側・後着側のどちらでも対応可能とし、接合する2台のシールド機のうち、どちらか先着したシールド機が受入側となるようにした。また接合部の止水方法として貼付凍結を採用し、凍結工法にて止水実施後、マシンの解体及び接合部の止水溶接を行った。施工は先着シールド機の切羽に凍結設備を設置して行い、凍結準備からマシン解体完了まで1ヶ月程度で施工できた。



写真-6 地中接合状況

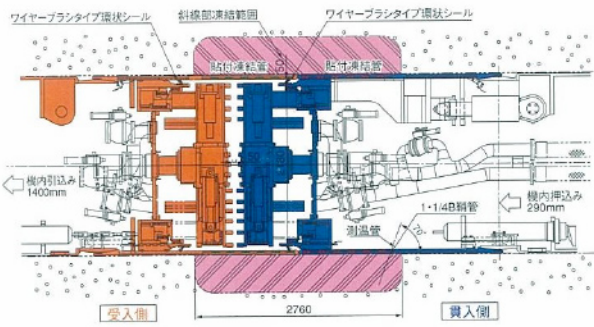


図-11 地中接合状況図

8. おわりに

シールドトンネル施工は都市部密集地域の極めて狭い立坑用地の中、両発進の長距離高速掘進シールドを2本同時に施工するために、セグメントの受入及び切羽への供給をいかに円滑に行うかが最大の課題であった。残土搬出を含めると1日50台近くの車両が出入りする中、最新の技術及び創意工夫でこの問題を克服した。

総延長 23.1 kmのシールドトンネルは、地中接合も極めて高精度で完了し、平成19年6月より配管工事の施工を開始した。

本工事は技術提案型指名競争入札(設計施工)により当社の提案が総合評価の結果、採用されたものである。今後当工事のように、立坑用地の小面積化と長距離高速施工化が進むと思われるが、そのような案件に本実績が活用できれば幸いである。

参考文献

木原晃司、矢口岳彦、木田博光、上原啓史：小口径親子シールドで大深度・長距離の高圧ガス管路を建設、トンネルと地下、Vol.38、No.2、2007 Feb