

2. オートリフター1060（立坑資材自動搬送装置）

（株）奥村組：*笠井 隆
奥村機械製作所（株）：井之下 巖

1. はじめに

近年都市土木におけるシールド工事は施工条件として、ますます大深度、長距離化の傾向にあり、それにとともない立坑も大深度となる。今回の設備を適用した工事は、横浜市下水道局発注の、鶴見川下流域における雨水による低地域の浸水解消を目的とした雨水幹線築造工事である。

大深度（立坑深さ65m）、大断面（シールド外径9.45m）、長距離（計画延長約4km）シールド工事で使用する主要資機材（主としてセグメント）のトンネル内への搬入設備として、従来は天井クレーンや橋型クレーンが使用されているが、これにかわる設備として、施工の安全化、省力化、能率化を目的として、オートリフター1060（立坑資材自動搬送装置）を設置した。

この装置を使用して現在シールド工事を施工中であるが、トラブルもなく順調に稼動しており、今後の同様な工事での利用に大きな効果が期待される。

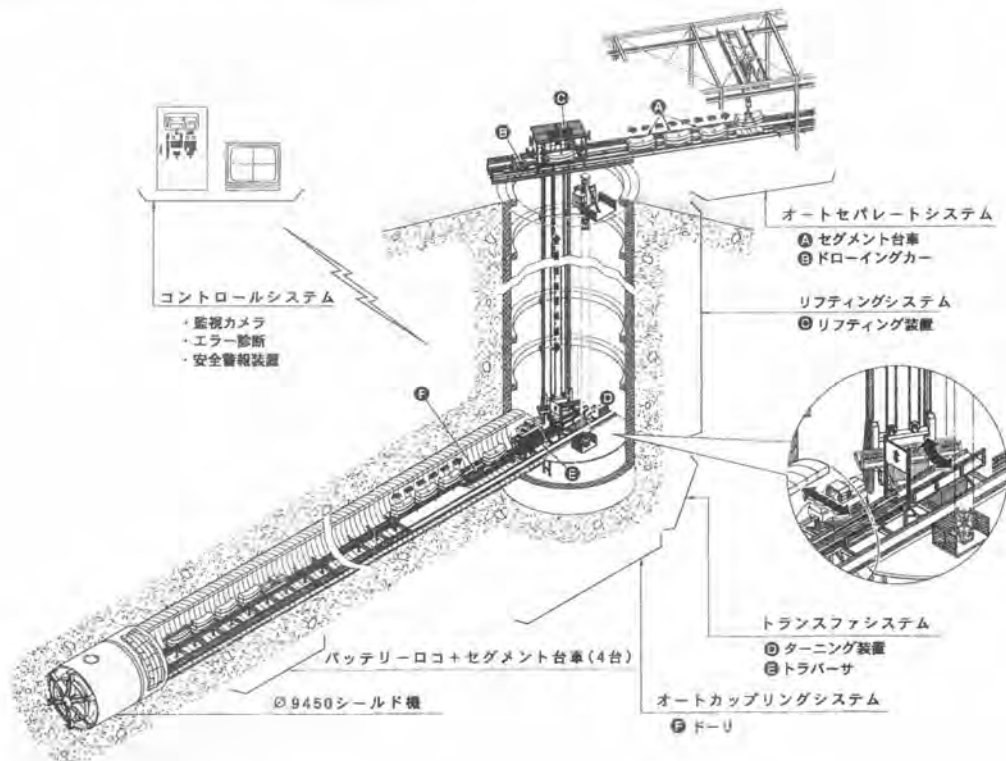


図1. システム説明図

2. システムの概要

オートリフター1060は、セグメント台車4両に積載した大口径RCセグメント（外径 ϕ 9250mm厚さ375mm幅1000mm）1リング分8ピースを、4両のセグメント台車に、順次1台ずつ積み込み、地上走行路より、60m下の坑内まで、自動搬送・定位置停止・係留・自動連結を行うとともに、バッテリーロコとも自動連結を行い、トンネル切羽への走行待機状態とするものです。

また、空のセグメント台車の地上への搬出は逆の手順で、トンネル切羽より戻ってきて立坑内の定位置に停車・降車後、自動スタート釦を押すことにより、バッテリーロコ連結器解除からトラバサ待避・セグメント台車連結器解除・地上走行路（積み込み部）への自動搬出・定位置停止・係留を完全自動で行うシステムです。

今回設置した装置の特徴は、大深度（60m）・大重量（10t）・高速搬送（積載時30m/min、空車時60m/min）・地上部と坑内の平面角度違い（42度）・セグメント台車とバッテリーロコの自動連結装置、および連動自動制御システムが主なものです。

3. システムの構成・機能

(1) 地上設備

1) 走行路設備（セグメント台車係留・積み込み作業場）

セグメント台車4両分の係留・位置決め装置を有する両側歩道付のセグメント積み込み作業場（全長約25m）である。

坑内から自動搬出されたセグメント台車を牽引台車で搬送して、定位置に位置決めし、油圧式係留ピンを自動的に挿入・固定（係留）した後に、天井クレーンによるセグメント積み込み作業を行う。

2) セグメント台車

2ピースの舟形状セグメントと枕木用H型鋼（合計約8t）を積載する36インチゲージ車輪付台車と、新方式の連結・牽引装置を1対備えている。（4両/1編成）

3) 牽引台車

地上部セグメント台車の自動搬送用機関車である。インバータ可変速制御駆動装置と各種センサー・制御盤・給電装置・横型自動連結牽引装置を備え、キャリッジおよび走行路上のセグメント台車の牽引・係留・連絡・等の作業を、正確な位置決め精度で自動搬送を行う。



写真-1. 地上走行路設備



写真-2. セグメント台車と牽引台車

(2) 立坑リフト設備

建設用リフトに該当し、地上設備と立坑内設備間（60m）を高速度（30m/min/17.5tf時・60m/min/8.5tf時）及び自動制御システムにて自動昇降しており、カウンターウエイトバランス方式によるインバータモータ可変速ウインチ・ウインチ架構・昇降ガイドレール・キャリッジ（搬器）等により構成されている。



仕 様		
積 載 重 量	10000kgf	
搬 器 重 量	7310kgf	
カウンターウエイト重量	14210kgf	
昇 降 器	積 載 時	6~30m/min (10Hz~50Hz)
	空 時	6~60m/min (10Hz~100Hz)
速 度	積 載 時	4~20m/min (10Hz~50Hz)
	空 時	4~40m/min (10Hz~100Hz)
揚 程	搬 器	61.50m
	カウンターウエイト	41.0m
コ ン ト ロ ー ル	搬 器	φ22.4×4本掛け
	カウンターウエイト	φ22.4×6本掛け

写真-3.リフティング装置

表-1.リフティング装置仕様

1) 昇降ウインチ

55KWベクトルインバータ制御駆動方式で、キャリッジ（搬器）の昇降上・下限、着床時位置決めにおける微速運転や、空台車昇降時の2倍速運転を可能にしている。また、モーター負荷を軽減するために、カウンターウエイトバランス方式による1ドラム軸2ウエイワイヤリングとしている。

2) ウインチ架構・デッキ・シャッター設備

立坑上部の載荷受け架・ウインチ架構、点検作業デッキ、シャッター設備および防護柵で構成され、地上走行路と昇降ガイドレールの直角取り合い、接合部における各台車の移動を確実にするためのキャリッジ着床フックを備えている。

3) キャリッジ（搬器）・受け枠

リフトの昇降デッキ部であるキャリッジ本体部と受け枠で構成された上下着脱構造である。

本体部は4本掛けワイヤー・シーブブロックで吊り、昇降ガイドレールを上下で両側のガイドローラで保持・転動して昇降する。受け枠は走行レール部および台車ロック装置を備え、本体部とは着床フック装置により連結されている。

(3) 坑内設備

1) 旋回設備

地上部と坑内線路の角度変換（42度）のため、キャリッジ上の受け枠およびセグメント台車を旋回台枠で受け、乗せて旋回させ、坑内走行路と連結接続させる。

2) トラバース装置

坑内バッテリーロコ待避用設備で、連結器自動脱着装置と待避時のセグメント台車の搬入走行路を備えている。



写真-4. 旋回設備・トラバーサ装置

積載重量	8 tバッテリーロコ	
ストローク時間	約20 sec	
ストローク	1600mm	
油圧ユニット	流量	63.0 l/min
	使用圧力	5.0 Pa
	電動機	7.5 kw×4 P
	電源	AC440V・φ3.50 Hz

表-2. トラバーサ装置仕様

3). ドーリ台車

坑内のセグメント台車自動搬送用機関車であり、地上部牽引台車と同様な機能を有するが、違いは走行路下部の専用レール（セグメント台車下通過スペース）を走行して自動連結・連結解除・牽引等の作業を正確な位置決め精度で自動搬送を行う。

4). 坑内走行路設備

セグメント台車4両分の走行路（約25m）に係留・位置決め装置を有し、下部にドーリ台車走行路を備えている。



写真-5. ドーリ台車

速度	20 m/min ~ 2 m/min	
牽引力	400 kgf	
牽引装置	速度	90 mm/sec
	ストローク	300 mm
	モータ	0.4 kw×4 P×400 V
ウェイト	約2200 kgf	
レール	15 kgf/mレール	
レールセンター	600 mm	
給電方式	ケーブルレールによるキャタパ給電	
電源	AC400V・φ3.5 Hz	

表-3. ドーリ台車仕様

(4) 操作・制御システム機器

1) 地上操作制御盤

地上設備および立坑昇降設備関係の動作指令確認、各センサー情報、安全確認インターロック等をシーケンサーにて制御しており、関連する牽引台車制御盤、坑内設備関係制御盤とも同様なシーケンサーをリモートターミナルを介して連結制御を行っている。

中央管理室のシステムモニター（パソコン）ともケーブルリンクにて接続しており、動作状態表示、異常表示は常時モニターにて見ることが出来る。

盤面には各操作スイッチ・ボタン、動作状態表示および異常表示を配置している。

2) 昇降ベクトルインバータ盤

昇降ウインチ（ベクトルインバータモータ）の動力・インバータ制御盤で関連する抵抗器、ブレーキと連結制御を行う。

3) 坑内操作制御盤

坑内設備（旋回装置、トラバーサ、走行路関係、ドーリ台車）および地上操作制御盤とシーケンサリンクして地上操作制御盤と同様な機能・制御を行う。

4) システムモニター

地上操作制御盤とリンクして中央管理室パソコンおよびグラフィックパネルに動作状態表示、各種情報を表示する。システム動作異常時は、モデムを介してリモートメンテナンスに切り替えて電話回線で遠方にてプログラム確認、システムチェック、変更等を行うことが出来る。

5) 各種センサー機器

オートリフター1060には各種リモートスイッチ、近接センサー、光電センサー、エンコーダ等約110セットを組み込み、動作確認、位置制御信号を制御盤と交信しながら各装置・設備の自動制御作動、安全確認および異常検出を行っている。



写真-6.坑内制御盤及び操作盤



写真-7.システムモニター

4. 施工結果

(1) 運転状況

シールド初期掘進完了後の平成9年8月より据付工事を行い、約2ヶ月半で設置を完了し、本掘進開始時より使用した。

又、サイクルタイムについては、空のセグメント台車が切羽より立坑へ戻って停止後、自動スタートを行い、空台車の搬出、地上でのセグメントの積み込み、立坑内への搬入、バッテリーロコとの連結、切羽への走行可能状態までを約52分で完了させることが出来た。これは初期掘進時、天井クレーンによるセグメントの立坑内への吊り卸しに比べ約8分の短縮となった。

「オートリフター1060」はセグメント・資材の搬入・搬送の自動化を本格的に大規模な土木工事に適用したものであるが、順調に稼動するまでは種々の問題点が発生し、その都度改善を行った。これまでの主な問題点と対策は次のとおりである。

(2) 問題点と対策

トラブルの最大原因は、センサー類の精度と、台車や各装置の製作精度、据付精度のギャップに起因するものが多かった。

以下にその主なものを列記する。

1) 問題点

- (1) 全自動制御ゆえに各種の安全インターロック回路になっており、センサー検知トラブル時は、その発見・処置に高度の技術、教育が必要であった。
- (2) セグメント台車を自動連結・解除するために、数ミリ単位の精密な相互位置検知・動作が必要であり、多数の台車の検知用ドク取付け寸法の均一化と、レール・台車間の許容差の拡大等の矛盾する問題対策に時間を要した。
- (3) センサー、ドク等がしばしば、牽引・搬送中に変形・損傷した。

2) 対策

- (1) 設備の機能・運用・保守・保全に対する教育と定期的なメンテナンス（2回/月）及び緊急時メンテナンス体制の確立
- (2) パソコンシステムモニターによる運行表示、記録とトラブルシューティングシステムによるトラブル究明・対処法指示
- (3) 電話回線によるシステムのリモートメンテナンスで遠隔地からのシステムチェック・対処
- (4) センサー機能変更や反射シール等突起物を無くする対策等
- (5) センサー等の予備品の常備と管理

5. おわりに

オートリフター1060は運転開始して約1年近くではあるが順調に稼動している。

大深度立坑・大断面・長距離シールド工事での資機材搬入設備として、施工の安全化、省力化、能率化をめざして設置したが、その目的は十分達成出来た。

当設備は今まで建設現場ではあまり見かけることのなかった「建設ロボット」として見学者の興味を引いている。

今後もシールド工事は長期にわたってつづくが、適切なメンテナンスで対応するとともに、積極的に他の工事へも適用していきたい。