

25. セグメント立坑自動搬送システム

～おはこび・ごうるす～

(株)フジタ：*蒔田 充男・間野 実
伊藤 大輔

1. はじめに

シールド工法は、都市土木技術の中でもきわめて有利な工法として多方面に採用され、長期間にわたって機械化、省力化の道を歩んでおり、その基礎が十分に固められていると言える。しかし、近年の大断面・大深度・長距離化・高速施工の社会的要求が高まる中で、シールド工事の自動化・ロボット化による生産性の向上や作業環境の改善が求められている。

シールド工事の自動化・ロボット化に関しては、掘削の自動化、セグメント自動組立・セグメント坑内搬送などがあり、実用の段階に達したものもある。しかし、セグメントの立坑搬送については、従来の門型クレーン・天井クレーンによる搬送がほとんどであり、大深度化により立坑が深くなるにつれて荷振れの発生、吊り荷下での上下作業による制約等の支障が生じてくる。

本報告は、地上のセグメントストック架台から立坑下に待機する台車まで、荷の積み替え無しに一貫して搬送するシステムであり、シールドルートの深層化に伴う大深度立坑に対応できる搬送方式として開発されたセグメント立坑自動搬送システムについて報告する。

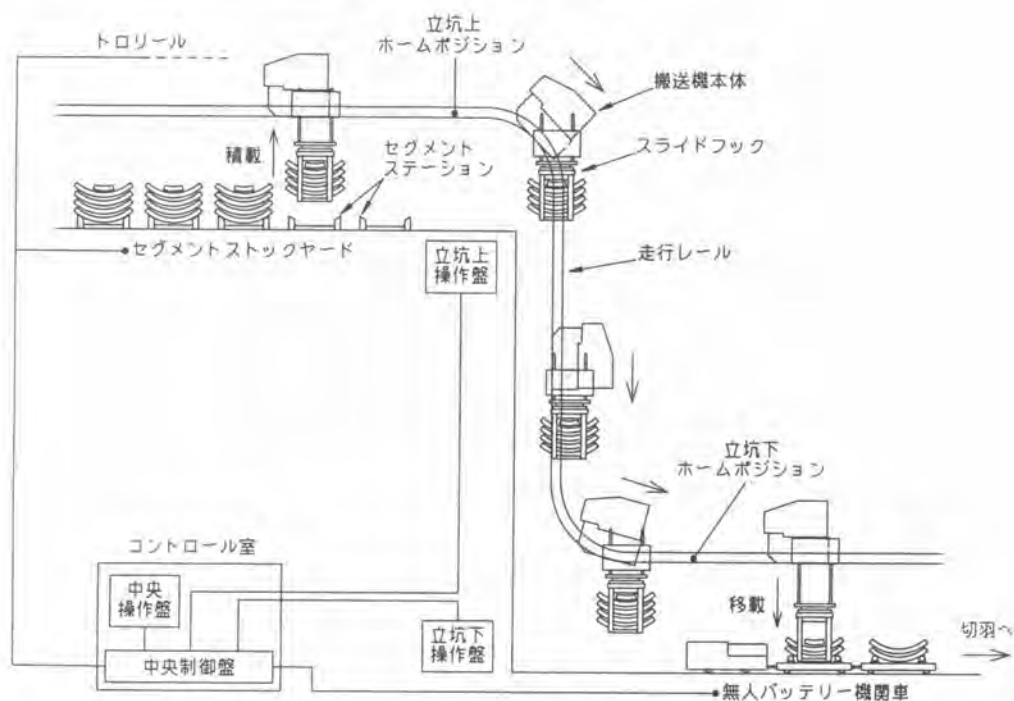


図-1 システム概要

2. 開発の目的

大深度立坑において、セグメント搬送に天井クレーンや門型クレーンを使用すると、次のようなことが予想される。

(1) 荷振れの発生

深くなる立坑に伴って、ワイヤーが長くなればなるほど荷振れは避けられず、また、その修正は容易でない。最悪は荷の破損につながる。

(2) 立坑下での作業の制限

吊り荷の下での作業が安全面から制限され、作業効率が悪くなりサイクルタイムに影響してくる。

(3) オペレータの拘束

深い立坑での荷の揚げ降ろしは、それだけ時間を要するため、日に何リングも搬送するとなると、オペレータは1日中拘束される。

以上のことから、大深度立坑におけるスムーズな資材搬送を達成すべく、これまでの揚重機械に代わるシステムとしてピンラック・ピンギアで駆動する懸垂式モノレールタイプのシステムを開発した。

3. セグメント立坑自動搬送システムの概要

セグメント立坑自動搬送システムは、立坑上のセグメントストック架台から立坑下に待機するセグメント台車までセグメントを自動的に搬送する。

システム構成は、搬送機本体、制御装置、走行レール、セグメントストック架台から構成されており、地上から立坑下の台車まで一貫して搬送されるため、搬送途中で立坑リフト等に移載して積載搬送する煩雑さがなく、積み替え無しで一貫して搬送することが可能である。

この方式とセグメント坑内無人搬送システムの結合により、地上～立坑下～切羽までの搬送が無人化されるとともに、玉掛け作業が不要となり、立坑荷降ろし作業の安全性、作業効率が向上し、大深度立坑に対応できる搬送システムとなっている。

2-1 走行方式

- (1) 走行ガイドとして左右2本のH形鋼レールを使用し、これを上下左右からガイドローラで抱くことによって走行方向と姿勢を維持しつつレールに沿って走行する。
- (2) 水平レールから垂直レールに移る部分は曲線レールでつないでおり、円滑に移行できる。
- (3) 垂直レールを滑ることなく安全確実に昇降するために、ピニオン・ラック方式を採用している。

2-2 搬送方式

- (1) 本体中央の把持装置は、1本の水平軸で左右の走行装置をつなぐ構造となっている。この軸は固定されていないため、荷は常に重力の方向に吊られてい



写真-1 搬送システム全景

る状態になっており、荷の姿勢は常に一定に保たれる。

- (2) 荷取り部(スライドフック)は、セグメント1リング(5ピース)を左右から抱え込んで持ち上げる。そのために、昇降、開閉、旋回機構を備えている。

2-3 制御装置

- (1) プログラマブルコントローラーによるシーケンス制御をとっている。
- (2) 本体上と中央制御室にそれぞれ制御盤を設け、操作盤を中央制御室、立坑上、立坑下の3ヶ所に設置している。
- (3) 各制御盤、操作盤の間の通信は、レールに沿って設置したトロリールを通じて、多重通信方式により行われる。

4. システムの特長

- (1) 大深度において安定した搬送

門型クレーン、天井クレーンでは、深い立坑において荷振れの発生は避けられなかったが、本システムは荷振れが無く、立坑深度に影響されずに安定した搬送が可能である。

- (2) 玉掛け作業を必要としない

スライドフックで荷を把持、搬送するので玉掛け作業を必要としない。

- (3) 作業サイクルの短縮

地上から立坑下の台車まで、荷の積み替え無しで一貫して搬送できるため、移載作業が不要である。また、荷振れが無く安定した搬送できるので、従来のクレーンと比較してスムーズな搬送が可能な分、時間の短縮が得られる。

- (4) 設置スペース

これまでのリフト式、エレベーター式の搬送システムは、立坑無いにおいて広い占有スペースを要し、さらに立坑下ではトラバース等の使用のためのスペースを必要としていた。レール上を走行し、移載機能を兼ね備えている本システムは、立坑垂直部において本体が走行できるだけのスペース、立坑下では従来のバッテリー機関車の発着場だけを必要とするため、特別の占有を設ける必要はなく、設置は簡素である。

- (5) 横引きのある立坑に適している

懸垂式モノレールタイプによる走行で、水平、垂直を問わない搬送方式であるため、路下式密閉立坑のような段のついた立坑においても、荷を積み替えることなく一貫して搬送することが可能であり、他のリフト式、エレベーター式と比較しても優れているといえる。

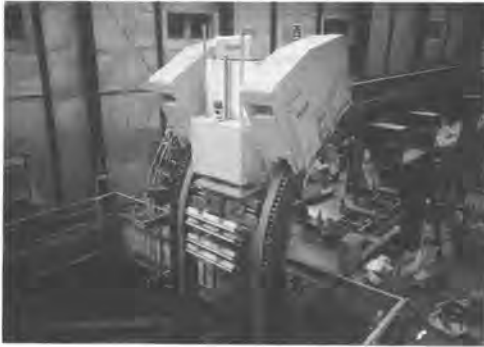
- (6) サーボモーターによる速度制御

垂直レール部での下降は、サーボモーターによる速度制御を行なうことによって一定速度を維持

本 体	全 長	2,000mm
	全 幅	2,500mm
	全 高	4,000mm
	本体重量	4,200kg
	搬送重量	2,800kg
走 行 方 式	走行電動機	AC200V 15kw ×2 サーボモーター
	走行減速機	ベベル・ヘリカル減速機
	走行速度	low 12m/min high 20m/min
	ピンラック	ピン径 45mm ピッチ 76.20mm
	ピンギア	RS240スプロケットベース 近似インボリュート歯形

表-1 搬送機本体の諸元

しながら、安全確実に下降できる。水平部と垂直部をつなぐ曲線期間でも、慣性力を緩和するため加減速も円滑に制御できる。



写真一 2 曲線部走行時



写真一 3 本体走行駆動部

5. 現場適用試験

作業所での実証実験を行なうため、東京都水道局発注の配水本管新設工事に適用した。

本システムのセグメントをスライドフックで抱え込んで把持する方式が、これまでの玉掛けに比べ格段の安定感があり、安全面の確認が得られた。また、積載状態での走行に関しても、荷振れ、荷崩れがないという確認が得られ、荷の積み替えが必要ないという、これまでの揚重機械に替わるシステムとして、実証することができた。

6. おわりに

セグメント立坑自動搬送システムは、立坑が深ければ深いほど効果を発揮する。また、垂直、水平搬送の移行が繰り返されることで特長がいかされる。さらに、無人運行のバッテリー機関車と併用することで、大深度、長距離施工を問わず、人員の増加、施工スピードの低下はなく、省力効果がさらに顕著になる。

将来の完全自動化を達成する上での要素技術のひとつとして開発された本システムは、システムの特長を遺憾なく発揮している反面、次のような課題を残している。セグメント以外の資材搬送、ストッパードへの供給方法、本体の軽量化等である。今後、多様化する要求に対応するために改良、改善を重ねさらに高度なシステムにしていくよていである。

最後に、本システムの開発及び現場への適用に当たり、ご協力頂いた関係各位に深く感謝申し上げます。