

15. セグメント自動搬送システム

清水建設㈱：菊池 雄一・鈴木 康正

*宮沢 和夫・佐藤 等

1. まえがき

都市への人口、情報の集中によって都市は拡大の一途を辿っており、それに伴い都市施設の整備が要求されている。さらに、都市はその機能が巨大化するにつれ、その活動範囲が平面から上空または地下へと立体化され、都市空間の有効利用が都市機能の確保と維持のために極めて重要になってきている。

都市におけるトンネル工事は、トンネルの深層化と都市生活に与える工事の影響を最小限にするという社会的な要請からシールド工法が主流になってきており、そして、シールド工法は、ニューフロンティアとしての大深度地下開発の分野で、道路・鉄道・ガス・電力・上下水道などライフラインの地下空間を構築する技術として、ますます重要性を増す傾向にある。

一方、最近の労働環境は、若年層の建設工事ばなれによる労働力不足や熟練労働者の高齢化など深刻な問題を抱えている。このような背景から、シールド工事においても自動化、ロボット化による生産性の向上や、労働環境の改善が求められている。

本開発は、このような背景をもとに、シールド工事におけるセグメントを、地上のストックヤードから立坑および坑内を経由して、シールド機のエレクターに至るまでの一連の搬送作業を自動化、無人化したものである。

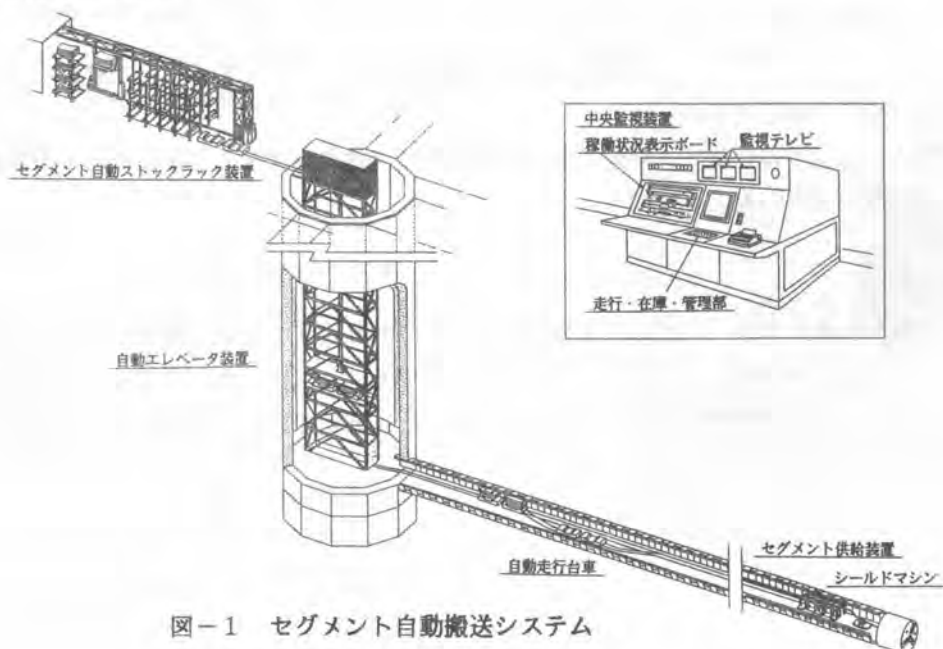


図-1 セグメント自動搬送システム

2. システムの構成

本システムは、地上でセグメントの保管・管理および出庫作業を行う立体形式のセグメント自動ストックラック装置、立坑内の垂直移動を行う自動エレベータ装置、坑内を運ばれてきたセグメントを台車から受けとり1ピースづつエレクターに供給するセグメント供給装置、そして、地上のセグメントを立坑および坑内を通してシールドマシン後方のセグメント供給装置までレール上を走行する2両連結の自動走行台車からなり、さらに、これらの装置全体を監視コントロールする中央監視装置から構成されている。(図-1参照)

以下、各装置について概略を述べる。

2.1 セグメント自動ストックラック装置 (図-2参照)

自動倉庫をベースに考案。2行、10列、4層の80ラック分の収納が可能であり、1ラック内に収納できる重量は3tである。通常は2ラック分でセグメント1リングを構成する。行間中央には、3段突出機構のフォークを有するスタッカークレーンが位置し、中央監視装置からの指令で昇降・走行および特定のセグメントの積み卸しを行う。

自動ストックラック装置へのセグメントの入庫は、地上作業員が入庫台車に積込んで行うが、入庫途中でセグメントの荷姿を自動的にチェックしており、許容寸法外の場合は積込位置に戻される。

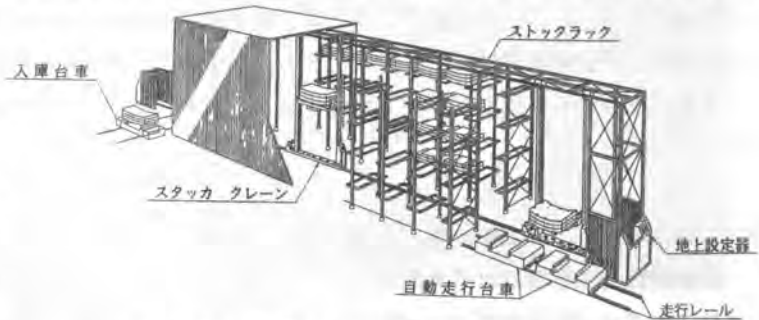


図-2 セグメント自動ストックラック装置

従来の平面的なストック方法と異なり、多層階にストックできるため地上の敷地面積を大巾に縮小できる。

2.2 自動走行台車 (図-3, 写真-1参照)

自動走行台車は、地上および坑内ともレール走行し、立坑部では自動エレベータで垂直搬送される。1リング分のセグメントを同時に運搬するため、2両連結運転となるが、単独運転も可能である。発進・停止、前進・後進、加速・減速の機能を有しており、中央監視装置からの指令によりコントロールされる。走行速度は6km/hr、3.6km/hr、2km/hr、0.6km/hrの高・中・底・微速の4速に切替が可能である。

また、走行台車は全行程無人運転となるため、各種の安全対策上必要な機器・装置を備えている。例えば、自動運転表示灯、発進・走行・異常警報、非常停止

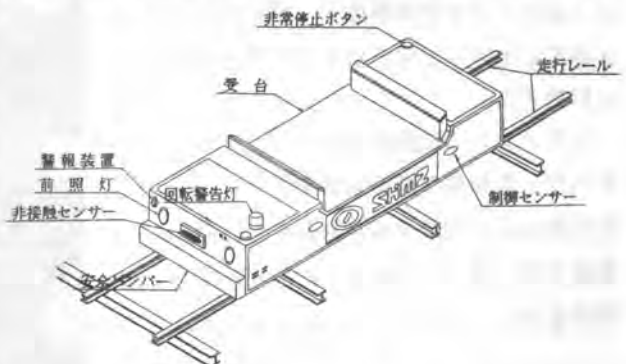


図-3 自動走行台車

ボタン、走行方向障害物検出装置（非接触センサー）、安全バンパー、荷崩れ検知装置などである。

さらに、走行台車はセグメント運搬の他に、配管材・レールなどの資材の運搬も行えるようになっており、動力源として搭載されているバッテリーの走行距離は、1回の充電で片道2kmを4往復以上走行することが可能である。

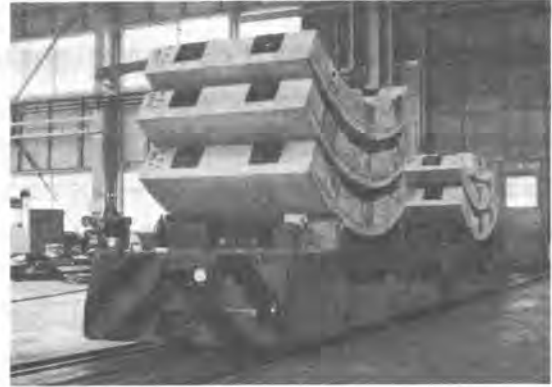


写真-1 自動走行台車

2.3 自動エレベータ装置

扉の開閉、荷台の昇降動作は自動走行台車の現在位置を認識して、中央監視装置からの指令により自動的にコントロールされる。さらに、停止精度を保つための荷台固定装置、落下防止装置、荷台内部の走行台車固定装置、エレベータと躯体の隙間を埋める渡りレール装置などを備えている。

また、エレベータはセグメントだけでなく、自動走行台車に載荷した一般の資材の昇降にも利用する。

2.4 セグメント供給装置

自動走行台車で運ばれてきた1リング分のセグメントをセグメントリフターのフォークを用いて台車から持ち上げ、台車を後退（次のセグメントまたは資材搬入のため）させてからフォーク上に仮置きする。その後、ホイストを用いて1ピースづつシールドマシンのエレクター直下へ運搬する。セグメントはホイストでの移動中、組立方向に向くよう90°回転させてエレクターに供給する。

セグメントの把持はボルトボックスを利用した特殊な把持装置を用い、走行台車からの荷受からエレクターへの供給までリモートコントロール方式を採用する。

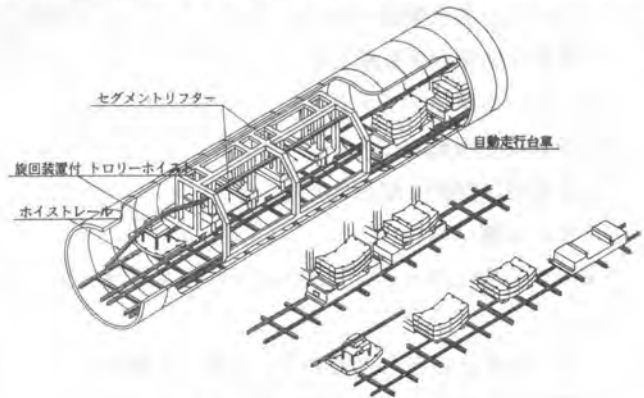


図-4 セグメント供給装置



写真-2 セグメント供給装置

(図-4, 写真-2 参照)

2.5 中央監視装置

中央監視装置は、自動ストックラック装置、自動走行台車、自動エレベータ装置およびレールポイントの制御を行う。そして、監視装置にはシステム全体の運転状況を表示するグラフィックパネルが設けられ、オペレータは走行台車の管理をワンマンで行うことができる。

一方、中央監視装置に設けたパソコンにより、自動ストックラックのセグメントの入出庫管理も自動的に行う。

中央監視装置と自動走行台車間の指令およびデータの受け渡しは、各固定ポイントに設置した光指令装置と台車上の投受光器間を光伝播により行われる。また、各々の光指令装置は中央監視装置と光通信ケーブルによりLAN（ローカルエリアネットワーク）で結ばれている。



図-5 中央監視装置



写真-3 投受光器

3. 本システム採用効果について

地上でのクレーンオペレータ、バッテリー車の運転手、セグメントをエレクターへ供給する作業員などの大巾な省力化が可能であり、さらに従来、作業員が行っていた積み込み、積み替え作業がなくなるので安全性が飛躍的に向上する。

一方、地上のセグメントストックヤードは従来の平面置きからストックラックを利用した多層立体方式になるため、ヤード面積の大巾な節減が可能で市街地での施工にも好都合となる。また、ストックラックの使用により、セグメントの入出庫管理が中央のパソコンで容易に行え、現場の施工管理の省力化に寄与できる。

4. あとがき

本システムの開発は、地上のセグメントストックヤードから立坑を経由して、シールドマシンのエレクター装置までのセグメント運搬を一連の搬送システムとしてとらえ、自動化、無人化したものである。深刻化する労働力不足に対処する一方策として考案開発されたものであるが、今後は、セグメントの自動組立、掘削と泥水管理などシールド工事全体のCIM（Computer Integrated Manufacturing）をはかり、生産性の向上に寄与していく所存である。