

19. セグメント自動搬送SRシステム

清水建設(株)：*佐藤 等・出口 種臣
井手 和雄

1. はじめに

シールド工法は、都市部におけるトンネル工事において、道路、鉄道、ガス、電力、上下水道などライフライン施設を構築する技術として主要な工法となっている。また、建設業は3Kで象徴されるように、危険・苦渋作業が多く、作業環境が悪いなどの理由から、若年層の建設業離れによる労働力不足、熟練労働者の高齢化などの深刻な問題を抱えている。

このような社会的背景から、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進められてきた。具体的な例として、掘削の自動化、セグメント組立の自動化などがあり、実用の段階に達したものもある。しかし、シールド工法の完全自動化を目指すためにはセグメントを含む資材を自動供給するシステムの実現も重要な課題であった。

本報告は、従来地上にセグメント自動ストックラックを設置し、ストックしたセグメントを立坑ならびに坑内を経由し、シールドマシン後部のエレクター装置まで搬送・供給するセグメント自動搬送システムを開発したが、今回、さらに敷地の狭い現場への適用を考慮し、立坑内にセグメント自動ストックラックを設置したセグメント自動搬送SRシステムについて述べたものである。

2. セグメント自動搬送SRシステムの構成

図-1にセグメント自動搬送SRシステムの概要を示す。

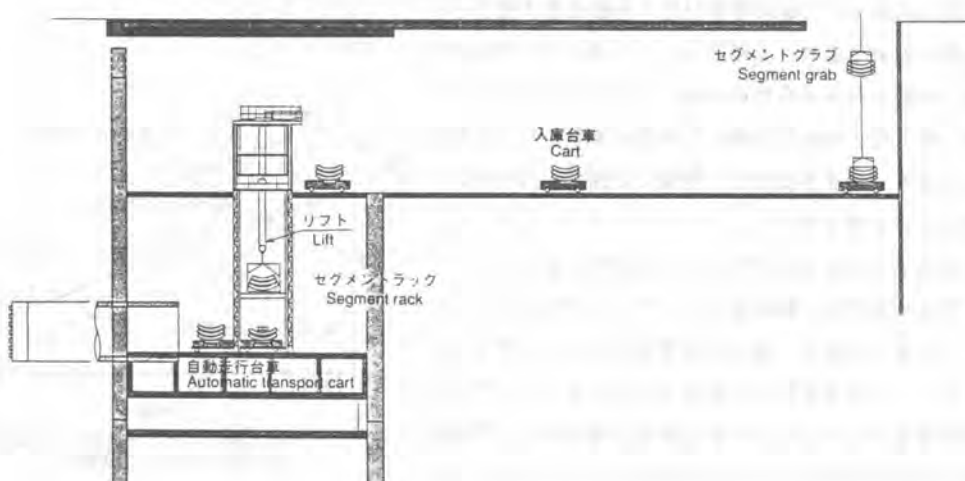


図-1 セグメント自動搬送SRシステムの概要

セグメント自動搬送SRシステムは、入庫台車、自動ストックラック装置、自動走行台車、セグメント供給装置、中央監視装置から構成されている。

本システムの特徴としては、ストックラックを立坑内に設置する事により都市部などで敷地面積が狭い現場での適用を可能としている点にあり、中央監視装置以外のシステム全体を地下に設けている。

セグメントの搬入搬出作業の流れは、セグメントグラブと称する専用のセグメント吊り治具を使用しセグメントを第1立坑から入庫台車に搭載し、第2立坑に設けられた自動ストックラック装置へセグメントをストックする。ストックされたセグメントは、第2立坑下に待機している自動走行台車へ搭載され、切羽まで搬送される。更に、セグメント供給装置へ移載され、エレクターまで搬送される。

(1) 自動入庫台車

入庫台車は第1立坑下から第2立坑までの間を往復し、1回に1/2リングのセグメントを搭載する事が可能であり、中央監視装置からの運転指令により自動運転されている。写真-1に入庫作業の状況を示す。入庫台車の安全装置としては、非常停止ボタン、運転表示灯、発進・走行・警報器がある。

(2) 立坑内自動ストックラック装置

写真-2に自動ストックラックの概要を示す。

図に示す様に、立坑内自動ストックラック装置は、建設用リフト、左右4段(4リング分)のラックから構成されている。

建設用リフトには、3段突出機構を設けたフォークが設けられている。自動ストックラック装置は、中央監視装置からの指令により上昇、下降、および特定のラックへのセグメントの積み下ろしを行う。

自動走行台車へのセグメント搭載作業は、自動走行台車の後ろ側へ最初のセグメント(1/2リング分)を搭載し、その後自動走行台車が後退し前側台車へ残りのセグメントを搭載する。立坑内が狭く自動走行台車の後退動作が不可能な場合、自動走行台車前側位置にセグメント持ち上げ装置を設け、後ろ側台車で受けたセグメントを前側に乗せ替える方式も他現場で実証済である。



写真-1 入庫作業状況



写真-2 自動ストックラックの概要

(3) 自動走行台車

自動走行台車は写真-3に示す様に、2両編成で1リング分のセグメントを搬送する。自動走行台車は中央監視装置からの指令を光指令装置から受信し、発進・停止・加速・減速・前進・後退が出来る。

走行速度は0.6km/hから6.0km/hまで4段切り換えが可能である。安全装置としては、運転表示灯、発進・走行・異常警報器、非常停止ボタン、走行方向障害物検知センサー、安全バンパー、荷崩れ検知センサーがある。写真-4に走行方向障害物検知センサーを示す。走行方向障害物検知センサーには超音波センサーと光センサーの2種類のタイプを装備し、最高速の実車で緊急停止可能な性能を実現している。

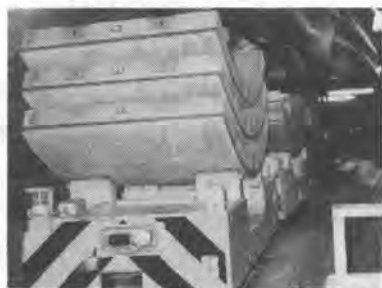


写真-3 自動走行台車

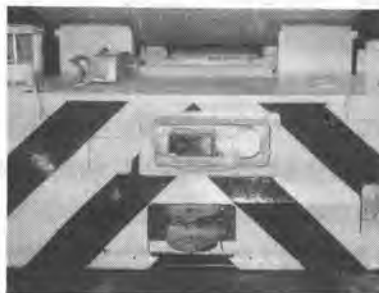


写真-4 走行方向障害物検知センサー

(4) セグメント供給装置

セグメント供給装置の概要を写真-5に示す。

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受け取り、シールドマシン後端のエレクター装置まで1ピースずつ順次供給する装置である。この装置はセグメントを仮り受けした後、速やかに自動走行台車を後退させるためのリフターと、エレクターへ1ピースずつセグメントを供給するためのトロリーホイストから構成されている。

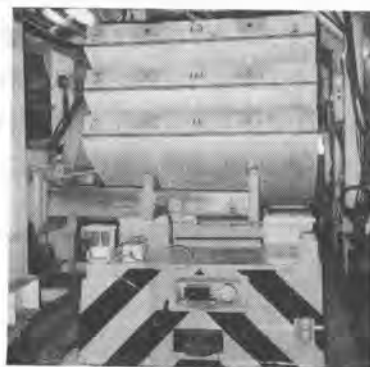


写真-5 セグメント供給装置

(5) 中央監視装置および光指令装置

中央監視装置は、自動入庫台車、立坑内自動ストックラック装置、自動走行台車の制御を行う装置である。自動走行台車の制御は、中央監視装置からの指令を光指令装置を介して行われており、中央監視装置と各光指令装置間は光ケーブルを利用したLANシステムで結ばれている。また、自動走行台車の下部には近接センサーを設置し、必ず減速しなければならない地点付近の軌道付近に設置した発磁体を検出し強制的に減速させる機構も設けてある。これにより、自動走行台車と光指令装置間のデータ伝送を減少させることが可能となり、たとえ伝送ミスが発生しても次の光指令装置で確実に停止することが出来、安全性の向上が図られた。

3. 管理制御方式

(1) セグメント入出庫管理

セグメント管理システム概要を写真-6に示す。

セグメント入庫作業時の操作項目としては、自動入庫台車上にセグメントを搭載し、そのセグメントの種別を設定し、入庫作業の起動スイッチを操作する。またセグメント出庫作業時の操作項目としては、出庫するセグメントの種別を設定し、出庫作業の起動スイッチを操作する。これ以外は全て自動管理されている。出庫セグメントの種別選択は随時可能であるが、種別選択を変更しない限り自動走行台車が出庫口に到着するたびに同種のセグメントの出庫を繰り返す方式となっている。また、セグメントの在庫管理は古いセグメントから順に出庫する方式としている。

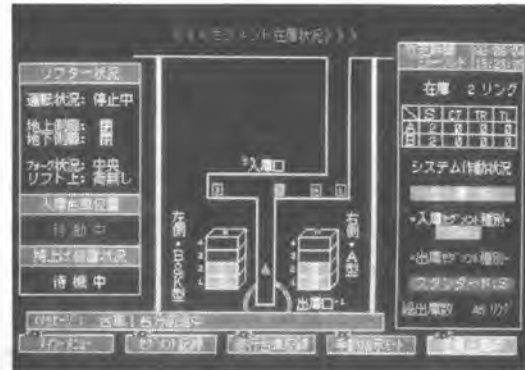


写真-6 セグメント管理システムの概要

(2) 自動走行台車運行管理

写真-7に光指令装置を示す。

中央監視装置は常時自動走行台車の運行をトラッキングし、設定されたモードに従って特定の光指令装置に対しデータを送信する。この時、他の光指令装置は停止指令のみを発信している。



写真-7 光指令装置

光指令装置と自動走行台車間のデータ伝送は複数回データの照合を行い、誤りがなければ次の動作を開始する方式である。中央監視装置と光指令装置間のデータ通信は1 Mbpsの低速光リンクで行い、光指令装置

と自動走行台車間はFSK 変調方式、7.812bpsの赤外線空間伝送方式を用いている。自動走行台車のある区間手動運転を行った場合でも、元の運転モードに戻したい場合は、最寄りの光指令装置で光指令装置と自動走行台車の通信を可能な状態に合わせて、自動運転を設定すれば元の運転モードが継続できる。

4. おわりに

本システムの実証により、今後長距離・大深度・少数地化するシールド工事の自動化・無人化施工への可能性がつかると同時に、残された課題が明確になってきた。

本システムと従来から各社により開発・実用化されてきた自動測量運転システムやセグメント自動組立システムなどとの統合により、シールド工事の自動化が大きく前進し、建設現場のC I M化の実現が可能になるものと思われる。