

VI-179

土圧式シールドのセグメント全自動組立ロボット
（調布共同溝工事）

佐藤・東急・大日本特定建設工事JV 正会員 坂口 太郎
 同 上 畑 好典
 同 上 豊田 旬
 同 上 加納 清仁
 石川島播磨重工業 桑原 紘一郎

1、はじめに

セグメントの自動組立ロボットは、1988年にセグメント外径 $\phi 7,600\text{mm}$ の共同溝工事において最初に実用化され、その後地下鉄複線断面クラス以上の泥水式シールドに採用されている。

この度、セグメント外径 $\phi 6,200\text{mm}$ の泥土圧式シールドに全自動組立ロボットを採用し、計画どおりの成果を上げている。本ロボットは、ABセグメント、Kセグメントの種別に応じたロボットを装備していること、坑内の上部空間でセグメントの搬送を行うなどの特色を有している。本文では、坑内空間に非常に制約を受けている条件下において実用化した全自動のロボットについて概要および実績を報告するものである。

2、仕様およびロボットの検討

セグメントの組立は、ロボットへのセグメント供給→セグメントの位置決め→ボルトの締結の流れにより行う。また、これらの動作に必要なセグメントの計測を行っている。これらロボットの動作は、トンネルの大きさに関係なく全て必要であり、中口径クラスのロボットも大口径クラスのロボットも同様の動作と計測を必要とする。

表-1 ロボットの仕様

自動化の範囲	セグメント供給からボルト締結まで
対象セグメント	通常のRCセグメント(外径6.2m、内径5.65m、幅1m、分譲6) Kセグメントは、トンネル軸方向挿入型 両テーパ、片テーパも自動組立する
ボルト	M27、ボルト本数=33本/リング
組立時間	1リング 30分以内

本工事の場合、表-1に示すようなロボットの仕様を設定しており、従来の大口径シールドの場合に比べて坑内空間が1/4～1/5程度となり、限られた空間にロボットを配置し、かつ従来より1ピース当たりの組立時間を短縮するという非常に厳しい条件となった。ロボットの設計にあたっては、坑内空間に納まるコンパクトな装置の検討と、組立時間の短縮に必要な動作の高速化に伴う装置の大型化という相反することを解決しなければならなかった。

2-1 セグメント供給装置の検討

最初に従来ロボットのシステムである1組のロボットと坑内下部からのセグメントの供給方法を、本工事の場合に適用できるかの検討を行った。従来方式では、ロボットへのセグメント供給のためのホイスなど補助装置を設置する空間を確保できないこと、坑内の安全通路の確保ができないことがわかった。坑内の後続台車の配置、配管など諸設備の配置を再検討した結果、後続台車上部にセグメントを並べる空間を確保することができた。さらに、上部空間を利用したロボットへのセグメント供給を検討したところ、並べたセグメントを押し出すだけでロボットに供給できることがわかった。セグメント自動組立ロボットを図-1に示す。

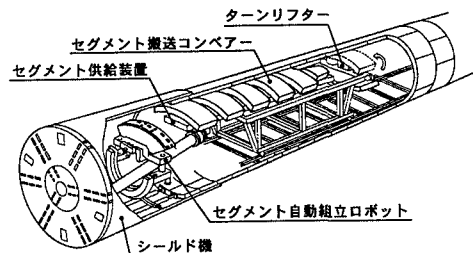


図-1 セグメント自動組立ロボット

2-2 組立ロボットの検討

組立ロボット本体は、ABセグメントとKセグメントに対して検討する必要がある。ABセグメントは、円周方向から組み立てるが、Kセグメントはトンネル軸方向から挿入して組立てることになる。さらにセグメントの形状も異なっている。従来のように1台の組立ロボットにAB、Kセグメント両方の機能を持たせることは、2組の組立装置を1台のロボットに組み込むこととなり、ロボット設置空間の制約から現状技術レベルでは不可能であった。このため、AB用とK用のセグメント組立ロボットをそれぞれ独立させることにした。ボルトの締結機については、設置空間の制約から構造の簡素化を図り、ボルトナットの供給を作業員によることとした。組立ロボットの概要を図-2に示す。

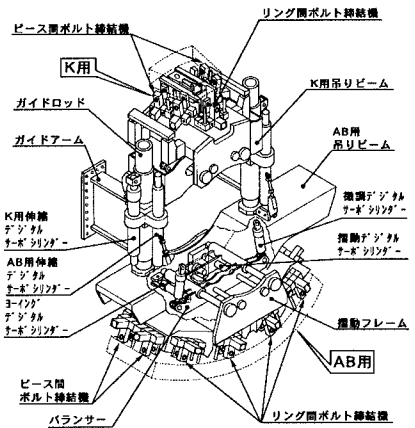


図-2 ロボット本体

2-3 組立時間の検討

これまでの組立時間は、1ピースあたり約7.5分であった。今回は1ピースあたり5分としており、これまでの組立に要した各駆動装置の時間割の再設定が必要となった。検討の結果、ロボットの旋回装置とセグメントを円周方向に伸縮させる装置の速度向上を図ることが時間短縮に有効であることがわかった。また、粗位置めには、セグメント把持位置から所定の組立位置へ旋回する動作を過去の実績に基づき行う方式を採用しており、旋回伸縮の高速化と合わせて組立速度の向上を図った。また、ボルトとナットはワッシャとシール材をあらかじめ組み込んだものを使用して、供給の時間短縮を図った。

3、機能説明

各装置の機能は次のとおりである。

- (1) ターンリフター：バッテリーカーにより舟型状態で搬入したセグメントをターンリフターで把持し、回転してから反転させ上部コンベアに搭載する。
- (2) セグメント搬送コンベア：ターンリフターにより搭載したセグメント1リング分6ピースをストックし、組立と連動し、セグメント供給装置へ搬送する。
- (3) セグメント供給装置：上部コンベア先端に設置してある組立ロボットへセグメントを押し出す。
- (4) ロボット本体：ABセグメント用およびその反対側にKセグメント用の2台のロボットを装備している。

セグメントの把持、旋回、位置決め、ボルトの締結を繰り返し行い、セグメントを組み立てる。

4、組立実績

- (1) ロボットによる組立実績は、従来のオペレーターにより操作されており、当初計画の30分以内を維持している。中には25分台のものも記録されている。
- (2) ボルトの締結率は95～100%を達成している。
- (3) R150mのカーブも自動組立で施工した。しかし、組立時間は30分を越える場合もあった。これは1ピースごと組立精度を確認しながら組立てたためである。（図-3参照）

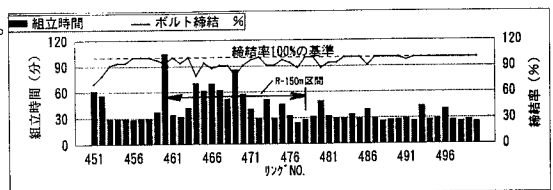


図-3 組立時間実績

5、おわりに

本ロボットは、土圧式の中口径シールドにおいて実用したこと、従来の形状のセグメントを用いて全自動化を実現したものであり、セグメント組立技術のこれまでの集大成を達成できたものと考えている。今後は、セグメントの形状、継手方法を含めた自動組立に向けて、これまでの実績を踏まえ、研究・実用化を図っていく所存である。