

日立造船株式会社 建機・物流事業本部 建機設計部 花岡 泰治

1. 概要

シールド工法における覆工用セグメント組立作業は、技術難易度の高さから自動化が遅れていた分野で、狭隘空間での重労働作業は3K作業の典型となっていた。しかしながら大口径シールド工法が適用拡大していく中で、安全性・高速性・品質向上、等の要求が高まり、自動組立装置の技術研究が加速、様々なプロジェクトへの試験採用の結果、近年急速に技術が進歩し実用・普及の段階に達した。当社は平成元年より開発を開始し、平成6年、東京湾横断道路用に1号機を納め工事完了までトップレベルの性能を発揮することができた。その後12mクラスの機械を継続的に3台受注製作し、現在2号機目が順調に稼働中である。この機械は川崎市の雨水貯留管工事に納入したもので、大成建設(株)殿との共同開発によって、安定かつ高速な施工性能を追求し、予想通りの性能を実証している。本報告ではこの2号機を中心に、メーカ設計担当者として当社自動組立装置の特徴、機械の進歩、今後の課題について述べる。

2. 自動組立装置の実施例

自動組立装置本体は、セグメントを任意の空間位置に精度良く位置決めする必要がある。当社の装置は、図1に示すように7つの位置決め軸で構成されている。全軸に高精度なサーボ制御が適用され、先端で掴んだ10トン近くあるセグメントを±2mmの精度で組付けることができる。旋回微調は接線方向に微調移動する軸で、伸縮軸・ローリング軸を同時に補間移動させ、旋回軸のみでは達成できない位置決め精度を確保している。

図2は、本システムの全体概要を示したものである。本装置は、セグメントをトンネル壁に合わせ組付け締結する「組立装置」、組立装置にセグメントを供給する「セグメント供給装置」、セグメント供給装置にセグメントを吊り降ろす「搬送装置」、組立装置にセグメントを締結するボルトナットを供給する「ボルト・ナット供給装置」、セグメントを押し付ける「シールドジャッキ」から構成される。これらの装置が複雑に協調しながら1連の自動運転を実現

図1 位置決め制御軸構成

名称	記号	制御方法	機能
旋回軸	X	ACサーボモーター	旋回移動
伸縮軸	Y	油圧サーボ	トンネル径方向移動
スライド軸	Z	油圧サーボ	トンネル軸方向移動
旋回微調軸	Xo	油圧サーボ	旋回接線方向移動
ヨーイング軸	Yo	油圧サーボ	伸縮軸回り移動
ローリング軸	Ro	油圧サーボ	スライド軸回り移動
ピッチング軸	Po	油圧サーボ	旋回軸回り移動

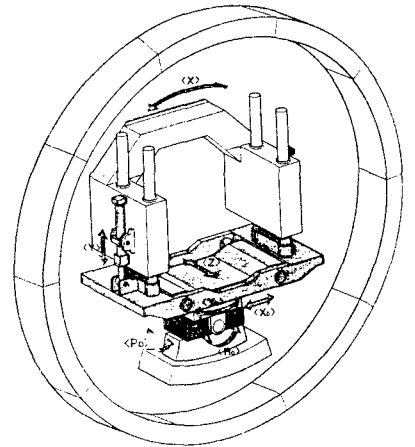
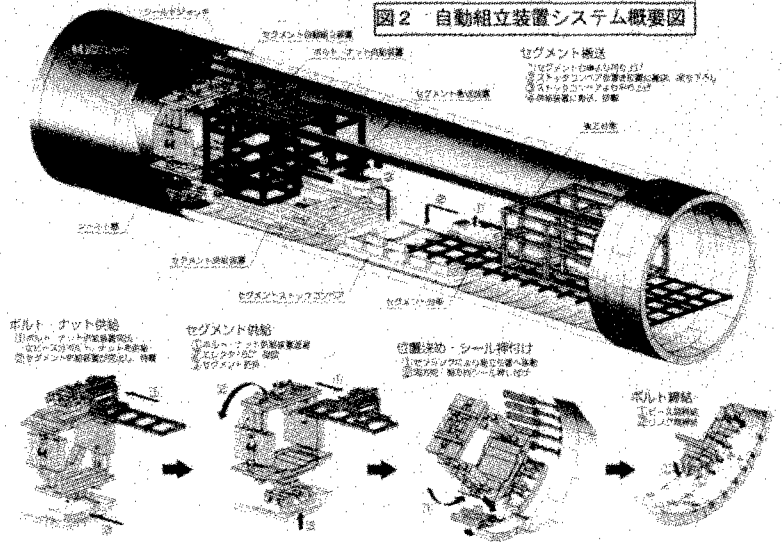


図2 自動組立装置システム概要図



キーワード：シールド工法・セグメント組立・自動化・省力化・高速化

連絡先：(〒559-0034)大阪市住之江区南港北 1-7-89、TEL06-569-0124、FAX06-569-0126

している。R120mの急曲線施工があるため、ストックコンベアは手動方式を採用しているが、他工事では、セグメント供給装置に直接セグメントを移載する自動ストックコンベアが採用されている。高速化を実現するために、各装置は干渉のない範囲で可能な限り並行動作を行っており、位置決めでは、前ピースの組立位置データから学習を行い、センシングを行わない粗位置決めの精度向上を図り、センシングサイクルを最小化し大幅な時間短縮を実現している。

本工事のセグメントは図3に示すように、外径12.1m内径11m幅1.2mのリングを10分割しており、重量は1ピース6トンになる。Kセグメントは、軸方向に挿入するクサビ式のものを採用している。自動組立を実施するため、手組みセグメントとは異なり細部にわたり工夫が施されている。

表1に、当社1号機（東京湾横断トンネル）との時間比較を示す。1号機もトップレベルの組立時間を達成していたが、当工事では自動組立の初期調整運転とともに、セグメントの自動搬送を含む本掘進の設備替えにもかなりの日数を費やしたため、自動組立時間のさらなる短縮が要求され、前述したとおりの改善を図ることにより、図4に示すように40分台が50%以上となる安定した性能を発揮することができ、所定の工期を確保できる見通しである。また1号機では頻繁に修理・調整を実施し性能を維持したが、本機では小さなトラブルが時折発生する程度で、機械の完成度は比較にならないほど高くなっている。それと共に自動化に適したセグメントであったこと、組立真円度・テールクリアランス、等の管理を十分行い施工していることが、このような成績につながっている。

1号機の実験から細部にわたり改良を実施しているが、その要点をまとめると次のようになる。

- (1)各部剛性向上・軽量化を行い、速度・精度向上を達成
- (2)構造の簡素化・調整個所の削減・保守性向上による故障率の低下
- (3)並列動作適用拡大による時間削減
- (4)粗位置決め学習機能付加によるセンシングの最小化

図5は、Kセグメントの位置決め運転状況の写真で、既設セグメントまでの距離をセンシングしている状況を示している。

3. 今後の課題

セグメント自動組立装置は、上記のように実用・普及の段階に入ったが、今後次のような課題に取り込む予定である。

- (1)完全無人化施工：シールド工法・セグメントの改良を図り、無人化施工を実現する。
- (2)セグメントの真円性を管理、制御するシステムの開発（セグメントの真円度が悪くなると、位置決め性・締結率が悪化、回復させるまでかなりのリングに補正が必要となる。）
- (3)コストダウン：中口径用の安価な使い易いシステムの開発

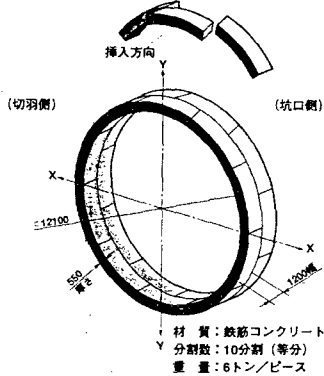


図3 RCセグメント組立図

表1 組立時間短縮成果

項目	東京湾 14.14m	渋川貯留管シールド
1ピース平均組立時間	7.4min	4.2min
1ピース平均短縮時間	—	3.2min(-43%)
1リング組立時間	81.4min(11ピース)	42.0min(10ピース)
1リング組立短縮時間	—	39.4min(-48%)

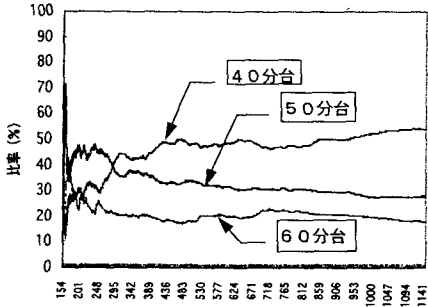


図4 組立時間実績 組立リング No.

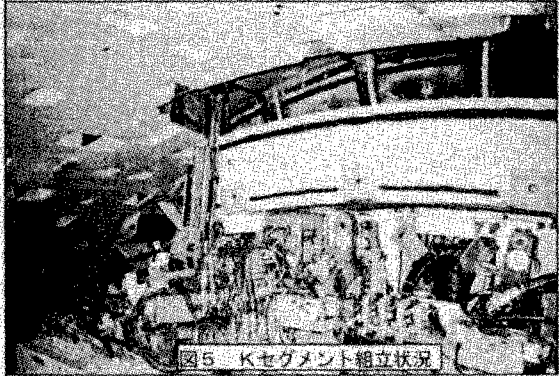


図5 Kセグメント組立状況