

16. セグメント自動組立システム(SABIS)の開発

(株)間組：園田 徹士・*配野 均

日本鋼管(株)：松下 利幸・村野 健一

1. まえがき

最近、地下空間の有効活用に関する種々の構想が検討されており、シールドが大断面化する傾向にある。大断面シールドでは一次覆工であるセグメントは大型化・重量化するため、これを安全に効率良く、かつ高精度で組立てる自動化技術が必要になっている。また、間組ではシールド工事の総合的な自動化・合理化を目指し、統合型シールド自動掘進管理システムの開発を進めており、そのサブシステムとしてもセグメント自動組立技術が必要とされている。

このような背景から、間組とNKKとによりセグメント自動組立システムについての共同開発を進め、現在施工用の実機を製作し、工場における組立実験段階におよんでいる。本報告はこの実機システムの概要および実証実験について紹介するものである。

2. 自動組立システムの概要

(1) システム構成

実機システムの全体図を図-1に示す。本システムは、外径7.3mのRCセグメントを台車から把持してエレクタに供給し、エレクタにより所定の位置にセグメントを位置決めした後、ボルト・ナット供給締結を行いセグメントを組立てるものであり、「セグメント搬送供給」、「セグメント位置決め組立」、「ボルト・ナット供給締結」の3つのシステムとこれらを制御する「制御システム」から構成される。

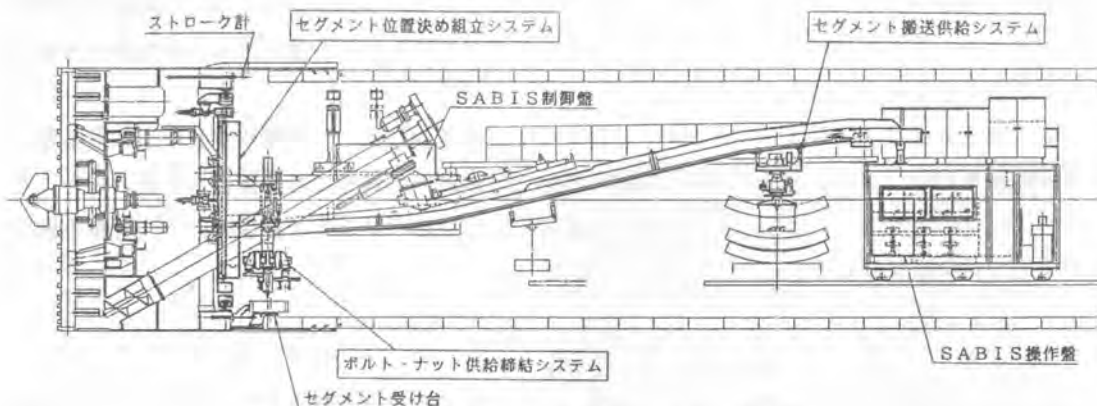


図-1 ϕ 7.3mセグメント自動組立システム全体図

(2) エレクタ構造

図-2に位置決め組立システムである実機のエレクタ構造を示す。既設セグメントとシールド機との位

置関係は各リングごとに異なるため、セグメント組立てには6自由度の制御が必要である。本機のエレクタは、エレクタ旋回面を既設セグメントの接合面と平行にする機構を有しているため、あらかじめ組立セグメントのヨーイング、ピッチングの姿勢制御を行うことができる。また、エレクタはシールド機にスライドピンで支持しているため、シールド本体の変形の影響を受けない構造である。

(3) セグメント把持装置

セグメント把持装置はRCセグメントのグラウトホールのメネジ部を利用して把持できるものであり、把持用のオネジ部は±5mmの穴位置ずれを許容できる揺動構造としている。

(4) ボルト・ナット供給締結装置

締結装置は台数減少とボルト・ナット自動供給を考慮して、エレクタビームに設けたガイドレールに沿って走行する方式とした。切羽側と坑内側に各2台を装備しピース間、リング間の締結を行う。また、ボルト・ナット供給装置はガイドレールの両端部に各締結装置に対応して設置してある。

3. 位置決め制御

(1) 制御システム

制御システムの構成を図-3に示す。マイコンによるシステムの総合監視および指令、3台のプログラマブル・シーケンサによる搬送機制御、エレクタ位置決め制御、ボルト・ナット供給締結制御を行っている。

(2) 自動組立準備

シールド機のローリングを傾斜計で、既設セグメントの接合面までの距離を3台のストローク計により計測し、シールド機に対する既設セグメントの傾斜角度を演算する。これに基づいてエレクタ旋回リ

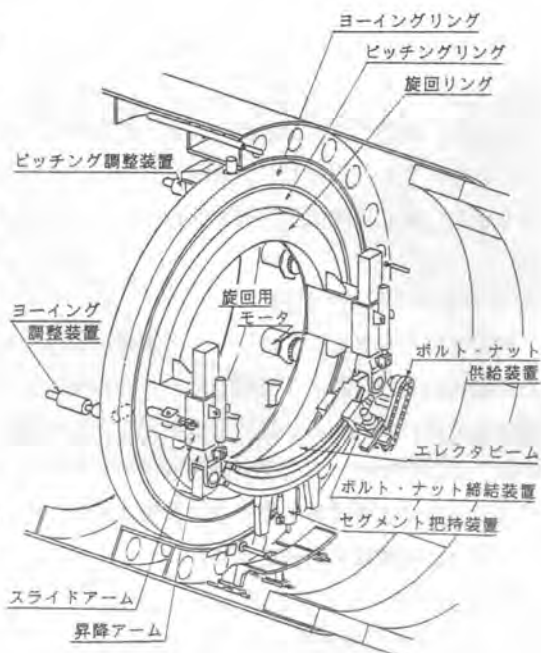


図-2 エレクタ構造図

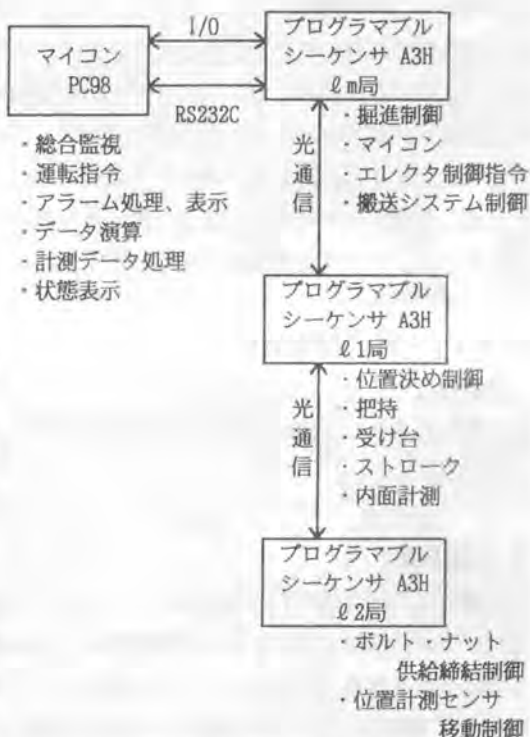


図-3 制御システム構成

ングのヨーイング、ピッチング角度を制御して接合面に平行にする。エレクタに取付けられた距離センサにより、既設セグメントの内面までの距離を計測して、エレクタと既設セグメントリングの中心ずれ量を求め、組立目標位置の補正を行う。

(3) セグメント供給・把持

供給されたセグメントはシールド本体に装備された可動式の受け台により機械的にトンネル軸方向の所定の位置に置かれる。把持装置の周方向の位置決めは、エレクタビームの切羽側に取付けられたレーザ式変位計によりボルトボックス位置を検知して行う。図-4に位置決め方法を示す。

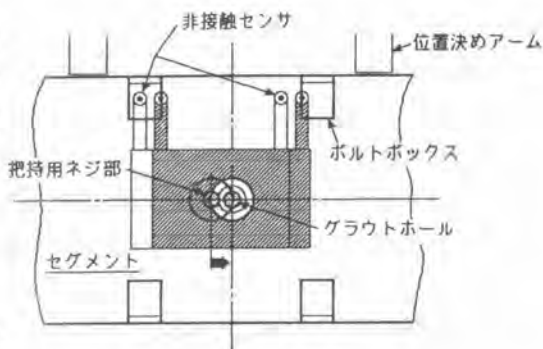


図-4 把持位置決め方法

(4) セグメント位置決め

セグメントの位置決めは、計測誤差あるいは機械的な誤差を考慮して、1次位置決め（粗位置決め）、2次位置決め（精密位置決め）を行う。前者は補正した目標位置に数値制御で位置決めするものであり、後者は1次位置決め後、ボルト・ナット締結装置に取付けたレーザ式変位計により既設セグメントの接合面と内面までの距離およびボルトボックスの位置を計測し位置決めするものである。図-5に位置決め方法を示す。レーザ式変位計を写真-1に示す。

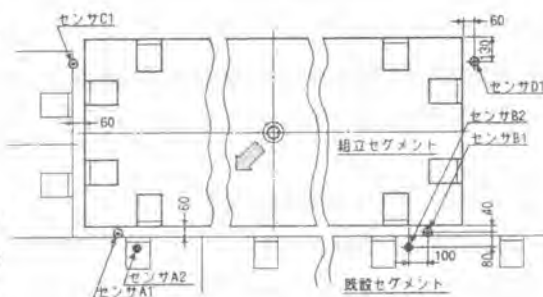


図-5 組立位置決め方法

(5) ボルト・ナット供給締結

締結機はガイドレール両端部のボルト・ナット供給位置を原点とし、締結位置決め動作は数値制御により行う。



写真-1 締結装置に取付けられたレーザ変位計

4. 実証実験

工場実証実験は外径7.45mの加泥式シールドに搭載する実機自動組立システムの制御機器および制御プログラムの調整、各システムの機能確認、自動組立実証試験を目的に実施しているものである。実験装置の全景を写真-2に示す。シールド機のリングガード、テール部を模擬した実験用架台に本装置を設置して、実際のセグメントを使用して組立実験を行っている。セグメント（写真-3に示す。）は位置決め精度を確保するためエレクタに正確に把持できるように、グラウトホールの位置精度を $\pm 0.5\text{mm}$ とし、

把持位置決め用の突起を設けるなどの若干の改造を行った。



写真-2 実験装置全景

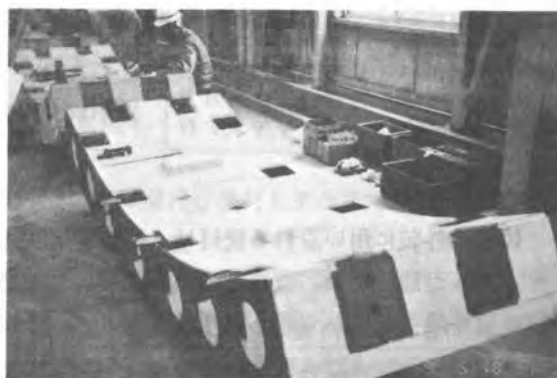


写真-3 セグメントピース

組立状況を写真-4,5,6に示す。1リング組立時間は約60分である。なお、組立時間については組立効率向上のため、今後実験を繰返しさらに短縮していきたいと考えている。

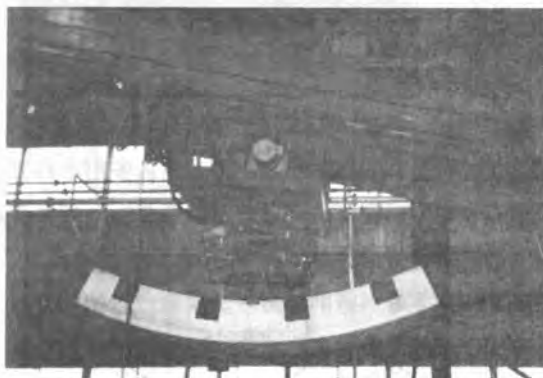


写真-4 セグメント搬送状況



写真-5 セグメント把持状況

5. あとがき

以上述べてきた自動組立システムは $\phi 7.45\text{m}$ のシールド機に搭載して、今春から共同溝の現場にて稼働する予定であり、その結果については次の機会に紹介したいと考えている。

今後は実機の現場実証の結果を踏まえて実用化を進め、さらに機能の高度化、安定化の技術確立を図り、シールド施工の総合的な合理化を推進する一助としたいと考えている。

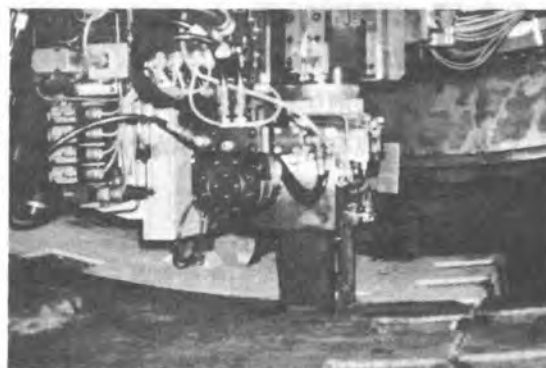


写真-6 ボルト・ナット締結状況