

セグメント自動組立システムの開発（その3）

西松建設株式会社 技術研究所 正会員 ○野本 寿
 西松建設株式会社 技術研究所 田中 勉
 西松建設株式会社 機材部 内田克巳
 西松建設株式会社 機材部 吉田 貴

1. はじめに

セグメント自動組立システムの確立は、シーールド工法の大断面施工、長距離施工、作業の効率化、省力化および安全性の向上などの面から、その必要性が次第に高まっている。

本文は、数年間にわたり開発してきた“直ボルト継手短ボルト方式”による、セグメント自動組立システムの実証実験機¹⁾（φ5300、図-1参照）での実験結果および実施工への適用等について報告するものである。

2. 実験方法

実験では、セグメント組立工程にもとづいた各要素（セグメント供給～ボルト・ナット供給～セグメント位置決め～ボルト締結）ごとの動作確認、所要時間および組立精度の影響等について検証を行った。

3. 組立時間

実験機による1リング組立時の各セグメントの平均所要時間を表-1に示す。目標であった60分はクリアできたものの、中口径での手組み作業時間と比較すると、満足いくものではない。後記の問題点等を解決し、時間の短縮を図らなければならない。

4. 問題点と原因

実験で明らかになった主な問題点とその原因について述べる。

(1) セグメント供給装置

セグメント供給装置からエレクトヘッド部へのセグメント受け渡しができなくなる場合がある。

この原因は、供給装置にセグメントの位置ズレを補正する調芯機構が装備されていなかったことと、エレクト把持部の受け取り許容値が周方向±4mm、半径方向±7mmと少なすぎたことにある。

(2) ボルト・ナット供給装置

セグメント供給時間90秒に対して、ボルト・ナット供給時間は148秒である。このため、同時工程であるにもかかわらず、ボルト・ナット供給が工程上のクリティカルパスとなっており、組立時間短縮のネックになっている。原因は、設置スペースの関係上、供給アーム1本で締結機2台に対応させているため工程数が多くなっていることと、本装置の設置場所が締結装置から離れていることがあげられる。

(3) エレクト装置

エレクト装置の旋回、摺動、ヨーイングのセグメント位置決めは、A1とKセグメントの旋回を除きす

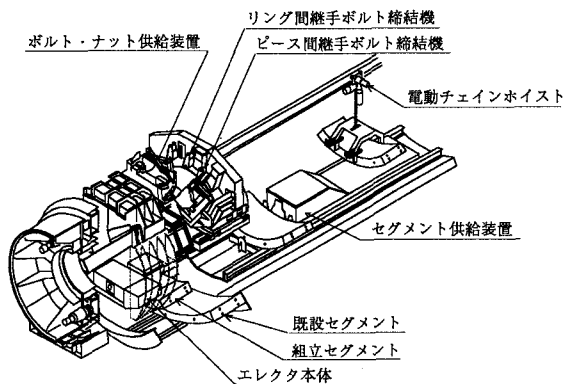


図-1 実証実験機概要図

表-1 1リング組立の所要時間

	把持 ボルト供給	組位置決め 締結機旋回	微調整	締結機摺動 ボルト締結	各装置 原点復帰	合計 時間
A1	2'28"	1'08"	1'35"	2'55"	1'12"	9'18"
A2	2'28"	1'12"	0'44"	3'02"	1'18"	8'44"
A3	2'28"	1'28"	0'44"	3'02"	1'34"	9'16"
B1	2'28"	1'34"	0'44"	3'09"	1'40"	9'35"
B2	2'28"	1'50"	0'44"	3'09"	1'56"	10'07"
K	2'28"	1'50"	0'34"	5'20"	1'56"	12'08"
						59'08"

べて押し付け倣いとする方針であったが、セグメントピース間継手面を合わせると、リング間ボルト穴が合わないなどの不都合を生じる場合がある。

この原因は、既設セグメントの組立精度およびセグメント製作精度誤差によるものである。このため、実験ではヨーイングのみを押し付け倣いとする変更を行った。

また、旋回用ケーブルベアは、構造上ベア内部に油圧ホース、電気ケーブル等が数多く配置されており、運転中の油圧上昇の影響で、ホースの剛性が増したことによるエレクトラ旋回に対する追従性の低下が見られた。

(4) ボルト・ナット締結装置

ボルト・ナット締結機がボルトボックスに挿入できない場合がある。

この原因は、主にセグメント組立精度の低下によるボルトボックスの位置ズレにある。機構的には、締結機の固定配置方式と、エレクトラが所有するセグメントの位置データをもとにした締結機の数値制御方式が位置ズレに対応できないケースを生じるためである。

5. 実施工への適用

(1) セグメント供給装置

供給装置は中小口径での採用を考えると、装置のコンパクト化、施工性の向上等が条件になるため、現状のレール式が妥当であるが、位置ズレ修正のための機構を付加させる必要がある。

(2) ボルト・ナット供給装置

実験ではメンテナンススペースの大きいエレクトラ上部配置を採用したが、実施工では締結機周辺配置型または締結機内蔵型を導入することにより、1セグメント当たり60秒、1リング当たり6分程度の時間短縮が可能となる。

(3) エレクトラ装置

エレクトラ装置の旋回位置決めは、旋回駆動系の減速比を大きくし制御性を向上させることにより、位置決め時間の短縮が可能となる。

また、旋回用ケーブルベアについては、油圧ホースの配管方法を変更することにより、現状より旋回速度を20%程度向上させることができる。以上のことからエレクトラ装置による位置決め等の時間短縮は、1セグメント当たり60秒、1リング当たり6分程度可能となる。

(4) ボルト・ナット締結装置

位置決め機構として、フレキシブル方式、数値位置決め方式、センシング方式の3方式が考えられる。ボルトボックス形状に倣うフレキシブル方式が最も望ましいが、メカニズム的に実現するのは困難である。また、数値位置決め方式は誤差に対する不安があり、センシング方式は複雑でかつ位置決めするのに時間がかかるという問題がある。そのため、現状の装置の小型化を図り、粗位置決めまでは数値位置決め方式で、微調整と位置確認をセンシング方式で行う方法が良いと考える。

また、締結位置の微少な位置ズレに対応するために、各締結機ごとに周方向、ローリング角の微調整機構を設け、ボルトボックス周方向不均等に対応する。

6. おわりに

本システムは、ボルト締結装置分離型エレクトラを採用することで、小型化と作業の効率化・安全性を両立させ、直径5m以上の密閉式（泥水式・土圧式）シールド機への適応を可能とした。今後は、今回の実験をもとに改良を進めシールド工事の全自動化を実現していきたいと考えている。

最後に、実験にあたり御協力を頂いた川崎重工業関係各位に感謝の意を表します。

〔参考文献〕

- 1) 野本 寿, 三戸憲二 他: セグメント自動組立システムの開発(その1), (その2), 土木学会第48回年次学術講演会, 第VI部門, pp180-183, 1993