

VI-83 セグメント組立ロボット「O-SERO」による現場実証実験について

（株）大林組 正会員 東出明宏

（株）大林組 上田尚輝

1. まえがき

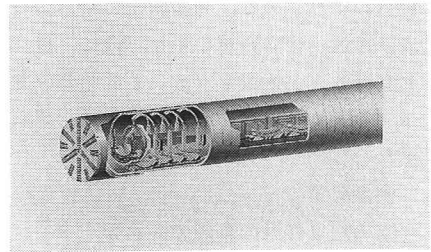
セグメント組立ロボット「O-SERO」* は、シールド工事におけるセグメント組立作業を完全自動化する高性能の産業用ロボットである。このようなセグメント組立ロボットは、数年前にはじめて開発され、その後いくつかの開発および試験施工例が報告されているが、作業員が組み立てる場合と比較して組立にかなりの時間を要することと、開発費ならびに実機の製作費が非常に高価であることなどから経済ベースでの実用化には多くの問題点が残されていた。それに対して、今回開発した「O-SERO」は後方独立型という、これまでにはなかった新しいタイプであることから、非常に実用的なものとなっている。

ここでは、「O-SERO」の概要と、これを用いて実用性を確かめるために行った現場実証実験について報告する。（*O-SERO；Obayashi - Segment Erection Robot）

2. 「O-SERO」の概要

「O-SERO」の概念図を図－1に示すが、最大の特徴は従来開発されてきたセグメント組立ロボットがシールド機内のエレクターを制御するためロボットはシールド機と一体型となっていたのに対して、このロボットはシールド機と完全に切り離された後方独立型となっていることである。このロボットの主要な仕様と対象としたセグメントの仕様を表－1に示す。

また、「O-SERO」によるセグメントの組立フローを図－2に示す。



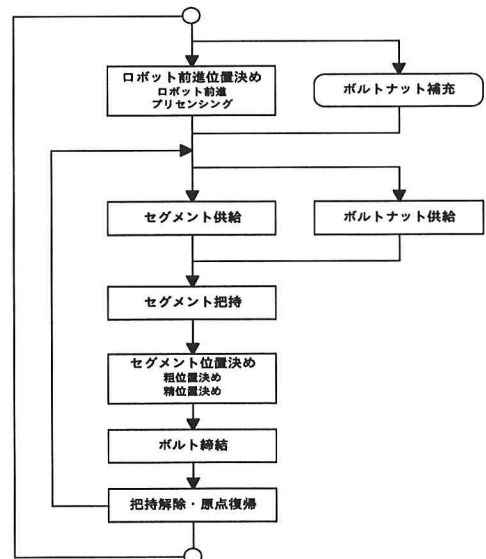
図－1 「O-SERO」概念図

表－1 「O-SERO」の仕様

セグメント組立ロボット仕様	
寸法	φ6,000mm×長さ7.0m
重量	約70ton
押付力・吊上力	33.0ton×22.6ton
ボルト締結装置数	13台
締付トルク	30kgf・m/15kgf・m
セグメント仕様	
種別	R C 平板型セグメント
寸法	外径6,500mm×幅900mm
継手方法	短ボルト・ナット方式
分割数	7分割(4A+2B+K)
1ピース最大重量	2,000kg

3. 現場実証実験

「O-SERO」は工場内での組立実験を経て現場での実用性を検証するため、大阪府下の下水道工事の一部区間において試験的に使用した。工事は掘削外径



図－2 セグメント組立フロー図

6,660 mm の泥土圧シールド機により施工されたもので、セグメントは外径 6,500mm の R C セグメントを使用した。

実現場の施工条件は、組立実験を行った工場内とは大きく異なり、ロボットの心臓部である各種センサーの苦手とする湿度の問題や裏込注入の問題、およびノイズの影響など環境面で非常に不利な条件が揃っている。このため当初は調整に手間取ったが、環境条件の整備等により、これらの問題点は解消された。

表－2 に 1 リング組立時の各工程の平均サイクルタイムを示すが、これよりわかるように、組立時間は 1 ピース平均 6 ～ 7 分で、1 リングあたりでは 50 ～ 60 分にまで短縮できた。この時間は、人間が組み立てる場合にほぼ匹敵する値であり、実用に供するにあたり満足のいく結果が得られた。

また、自動化による効果として期待されていた組立精度に代表される品質についても、作業員による手組みの場合の出来形偏差が 20mm 程度であったのに対して自動組立では 10mm 以下と、非常に良好な結果が得られた。

表－2 1 リング組立時の平均サイクルタイム

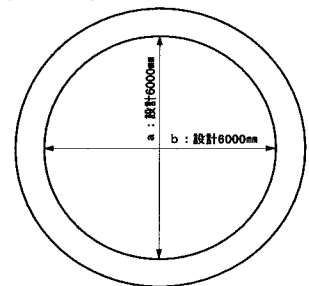
セグメント名称	把持	粗位置決め	精位置決め	ボルト締結	原点復帰	合計
A1	2'10"	0'40"	0'55"	1'10"	1'10"	6'05"
A2	2'10"	0'45"	1'25"	1'10"	1'05"	6'35"
A3	2'05"	1'00"	1'20"	1'10"	1'05"	6'40"
A4	2'10"	1'00"	1'40"	1'20"	1'00"	7'10"
B1	2'10"	1'00"	1'25"	1'35"	1'00"	7'10"
B2	2'10"	0'55"	1'30"	1'15"	1'00"	6'50"
K	2'10"	1'05"	0'15"	1'20"	1'10"	6'00"
						46'30"

表－3 自動組立出来形精度

自動組立区間				
(mm)	縦方向 a.	横方向 b.	偏差(縦) a.-6000	偏差(横) b.-6000
最大値	5,995	6,008	-5	8
最小値	5,988	6,001	-12	1
平均値	5,992	6,004	-8	4
標準偏差			1.55	1.51

従来工法組立区間				
(mm)	縦方向 a.	横方向 b.	偏差(縦) a.-6000	偏差(横) b.-6000
最大値	5,985	6,020	-15	20
最小値	5,976	6,012	-24	12
平均値	5,980	6,016	-20	16
標準偏差			2.55	2.69

真円度計測位置



4. まとめ

「O-SERO」は従来のロボットとは異なった後方独立型構造であるために様々な特徴を有しているが、そのほか人間の組立手順を解析して要素実験等で自動組立技術に応用できるような機構を開発し、実機に適用している点にも大きな特徴があると考えている。工場内での組立実験および現場実証実験において、計画通りの性能を発揮することが確認され、所定の時間内でセグメントが組み立てられることが実証された。そして、実施工においても省力化、安全性の向上、および品質の向上に関して自動化による効果が得られるという確信を得ることができた。

最後に、「O-SERO」の開発に際して多大なるご指導、ご協力を賜りました関係各位の皆様には厚く御礼申し上げます。