

VI-180

重量物ハンドリングマニピュレータの開発と実用化（その2）

ー セグメントボルト締結ロボットの開発 ー

（株）大林組 正会員 東出明宏 風間慶三
日立造船（株） 布村 進 高木秀通

1. まえがき

シールド工事における付帯作業の自動化をめざして開発した重量物ハンドリングマニピュレータ「オムニハンド500」は、従来の専用ロボットとは異なった汎用性の高い多機能ロボットである。そして、このロボットの最初の適用例としてセグメントボルトの増し締め作業を行うボルト締結ロボットを開発した。種々の要素実験や工場内での性能確認試験を経て、その性能を確認した後、ロボットを実工事に導入した。

ここでは、セグメントボルト締結ロボットの概要と、実工事での施工実績について報告する。

2. セグメントボルト締結ロボットの概要

セグメントボルト締結ロボットの構造図を図-1に示す。

ロボットは、トンネル坑内に敷設されたレール上を移動する自走式支持台車の両側に2基のマニピュレータを配置したものであり、各マニピュレータ先端にはボルト・ナット締結機を装備している。これにより、ボルトの位置検出から、マニピュレータの位置決め、ボルトの増し締めに至る一連の作業を自動化するものである。なお、支持台車の両側にはマニピュレータを上下方向に昇降させる昇降マストが設置されており、上部にはマニピュレータの作動状況を監視・制御する運転室も設けられている。また、制御システムは、ロボット各部に配置したセンサー、各アクチュエータを制御するコントローラ、およびこれらの情報を管理し、表示するモニタリングシステムから構成されている。

3. ロボットの施工手順

セグメントボルト締結ロボットの施工フローを図-2に示す。このうち作業員が行う作業は支持台車の移動のみであり、それ以外は完全に自動化されている。

①支持台車移動：支持台車を自走させて増し締めを行うセグメントの位置まで手動の操作で移動する。

②マニピュレータ粗位置決め：シーケンシャルな数値制御により、ボルト位置の近くまでマニピュレータを移動する。

③ボルトボックスセンシング：テレビカメラを用いた画像処理により、ボルトボックスの中心位置を検出して締結機を挿入する。

④ボルトセンシング：締結機をボルトボックス内に挿入した時点で、締結機先端に取り付けた超音波センサーによりボルトボックス内壁まで

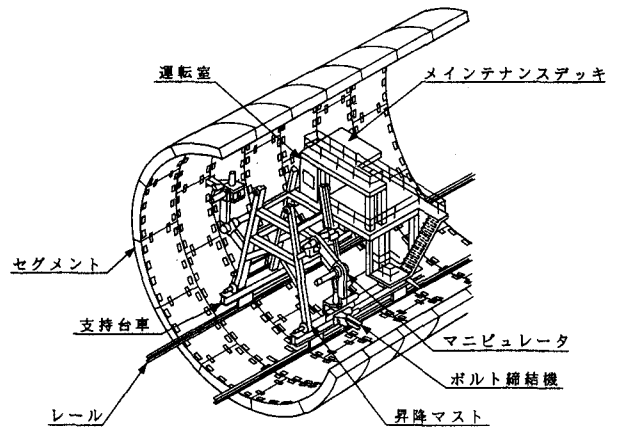


図-1 セグメントボルト締結ロボット構造図

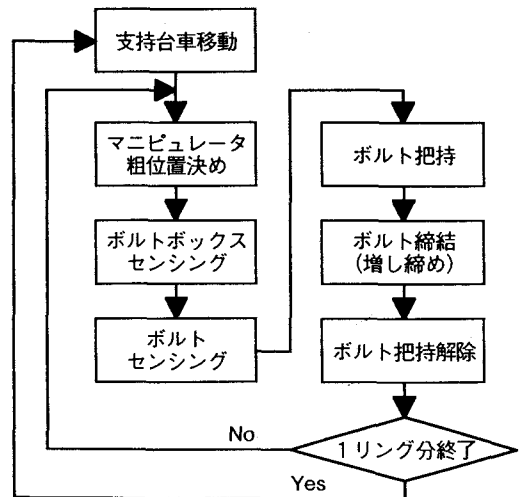


図-2 ロボット施工フロー

の距離を計測し、これよりボルトの位置を相対的に検出する。

⑤ボルト把持：締結機のグリッパによるボルトの把持動作時にグリッパをボルトに倣わせることにより、ボルトを確実に把持する。

⑥ボルト締結（増し締め）：ナットランナー方式の締結機により所定のトルクで増し締めする。

⑦ボルト把持解除・原点復帰：ボルトの把持を解除した後、次のボルトを増し締めするためにマニピュレータの原点位置まで戻る。

4. 実工事での施工実績

ロボットは、工場内でリング状に組み立てられた実際のセグメントを用いたボルト締結実験を経て、セグメント外径11,300mmの大口径シールド工事に導入された。この工事では、ダクティルセグメントの区間とRCセグメントの区間とがあったが、基本となるハードウェアはそのまま、画像処理等におけるソフトウェアの変更のみで両方のセグメントに対応した。

表－1および表－2に施工実績を示す。締結トルクに関しては、設計上必要なトルクに安全率を乗じた施工時の導入トルクに基づき、左：67.0kg・m、右：69.0kg・mと設定したが、施工結果は非常にばらつきが少なく、高精度の品質管理が可能であることが確認された。また、1本のボルト締結に要する時間は平均で約46秒であり、支持台車の移動も含めて1リングあたりの所要時間は、ボルト本数の多いダクティルセグメントで約60分、RCセグメントでは約45分であった。これらのことより、セグメントボルト締結ロボットが十分に実用的であることが示された。

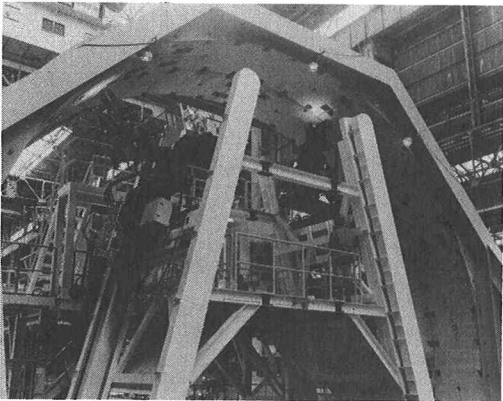
表－1 締結トルク管理実績

	平均値 ($\bar{X}$)	標準偏差 (σ)	$\bar{X} - 3\sigma$
左アーム	66.95	0.26	66.16
右アーム	68.92	0.29	68.04

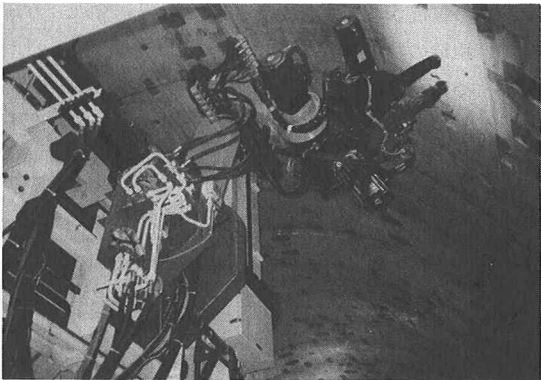
(単位：kg・m)

表－2 ボルト1本あたりの平均サイクルタイム (単位：秒)

ステップ ボルト	粗位置決め	ボルトボックス センシング	ボルトセンシング	ボルト把持	ボルト締結	把持解除	計
リング間 ボルト	24.5	20.7	7.8	0.1	3.6	2.1	58.8
セグメント間 ボルト	23.4	2.1	0.6	0.1	3.7	2.4	32.3
平均	24.0	11.7	4.3	0.1	3.7	2.2	46.0



写真－1 工場内試験の状況



写真－2 実工事での稼働状況

5. あとがき

今回、重量物ハンドリングマニピュレータ「オムニハンド 500」のセグメントボルト締結ロボットへの適用について報告したが、今後は土木工事に限らず、建築工事など幅広い分野への適用を進めていく考えである。