

VI-14

ハニカムセグメント自動組立装置の開発

㈱奥村組 正会員 畑山 栄一 福居 雅也
石川島播磨重工業㈱ 北山 仁志 富松 宏明

1. まえがき

シールド工法では安全性や作業効率の向上、省力化などを目的とした自動化技術の開発が行われている。セグメント自動組立装置もその一つであるが、組立時間の短縮や中小口径への適用が望まれている。

今回開発したハニカムセグメント自動組立装置は、セグメントの特長を活かすことで、従来の人手による組立よりも大幅な時間短縮を図るとともに中小口径シールドへの適用を可能にした。以下に自動組立装置の概要と工場における性能確認実験について述べる。

2. 開発の背景

ハニカムセグメントは㈱奥村組が『シールドトンネルの急速化施工法の開発』の取り組みで実用化した経済性・施工性に優れた六角形のセグメントで、組立状態が図-1に示すように蜂の巣状になることからハニカムセグメントと呼んでいる。従来の矩形RCセグメントに比べて自動組立に有利な以下に示す特長を備えており、これらの特長を活かした組立技術を開発した。

- ①全ピースが同一形状で、組立位置や継手位置が同じである
- ②既設セグメントの斜辺部およびプラグ・ソケットがセグメントの位置決めガイドになる
- ③継手ボルトの本数が少なく、事前にボルトをセグメントに挿入しているため、ボルト・ナットの供給が不要である

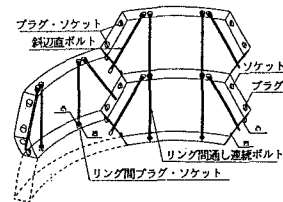
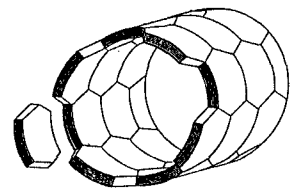


図-1 ハニカムセグメント

3. 自動組立装置の概要

(1) 基本構造

自動組立装置（以下、エレクタと呼ぶ）の構造を図-2に示す。セグメントを位置決めするにはエレクタに伸縮、摺動、旋回、ローリング、ピッチング、ヨーイングの6自由度の動きが必要になる。今までは自由度ごとに個別に動く複雑な機構を用いていたが、今回は摺動ジャッキでトンネル軸方向とヨーイングを、微調ジャッキでローリングとピッチングの動きを並行して行える機構にした。

従来のRCセグメントはボルト本数が多く、ボルトの締結をトンネル内面から行うことから、機構が複雑になり、トンネル半径方向の寸法を短くするのに限界があった。ハニカムセグメントはトンネル軸方向からボルト締結を行うのが特長で、ボルト締結機をエレクタ側部に取り付けることで、半径方向の機器の配置がコンパクトになり、セグメント内

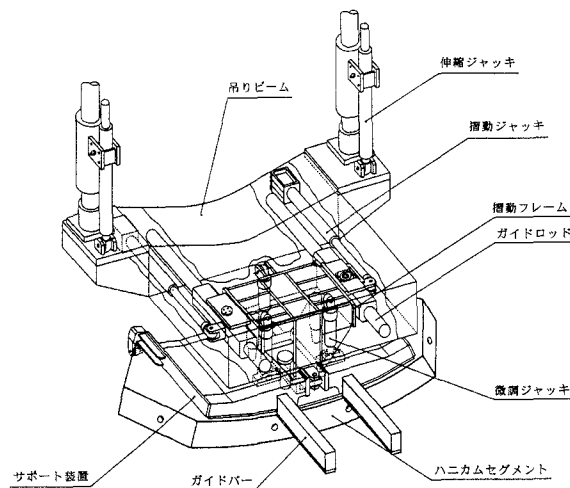


図-2 自動組立装置

径3mクラスへの適用が可能になった。

（2）位置決め方法

エレクタに取り付けたガイドバーと既設セグメントの斜辺のガイドを利用し、新しく組み立てるセグメントを既設セグメントに沿わせて挿入する方法である。

図-3に示すように粗位置決め終了後、まず、エレクタに取り付けたガイドバーを既設セグメントの内面に押し当て、組み立てるセグメントと既設セグメントの内面が同一になるようにガイドバーの傾きをコントロールしてセグメントのピッチング・ローリングを調整する。次に、セグメントを挿入しながら、斜辺部をガイドにして組み立てるセグメントが既設セグメントにはまり込むように旋回位置とヨーイングを調整する。

4. 性能確認実験

（1）実験装置と実験方法

エレクタを取り付けた架台にハニカムセグメント（外径：5300mm、幅：1000mm、分割数：6分割）を1リング組み立て、これを既設セグメントに見立てて、組立実験を行った（写真-1参照）。

セグメントの組立位置は既設セグメントの下側と斜め上方120度の位置とし、ガイド機構を用いた実験以外に従来のセンサを用いた組立実験も同時に行った。

（2）実験結果

a. 組立精度

既設セグメントに対して、エレクタで把持したセグメントの初期姿勢を実際の施工条件を想定して種々変化した。実験の結果、セグメントの初期姿勢や組立位置に関係なく、組立精度（セグメントの目違い量、目開き量）は±1mm以内におさまリ、実用上十分満足できる結果を得た。

b. 組立時間

セグメント1ピースの位置決めからボルト締結までの時間を測定し、この測定結果をもとにセグメント1リングの組立時間を算出した（表-1参照）。1リングの組立時間は20分で、センサを用いた方法に比べて連続組立が可能になり20%の時間短縮が図れた。また、現状の人手による方法に比べて組立時間を半分に短縮できた。

5. あとがき

ハニカムセグメントの特長を活かしたガイド機構による位置決め方法を開発し、実大規模の性能確認実験によって所期の目標を達成し、実用化の見通しを得た。今後は本自動組立装置を組み込んだ掘進とセグメント組立の同時施工法の現場適用を目指したい。

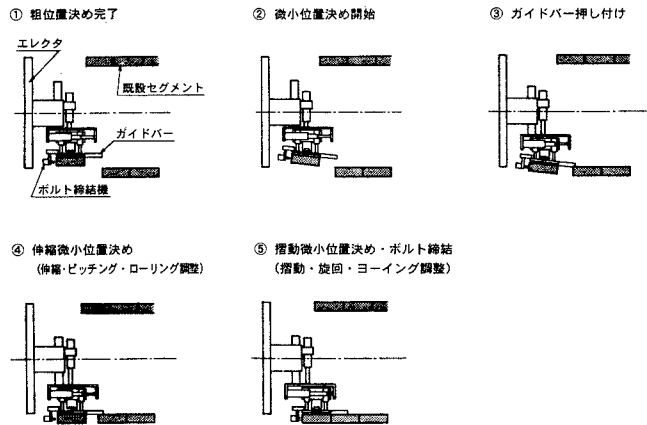


図-3 組立手順

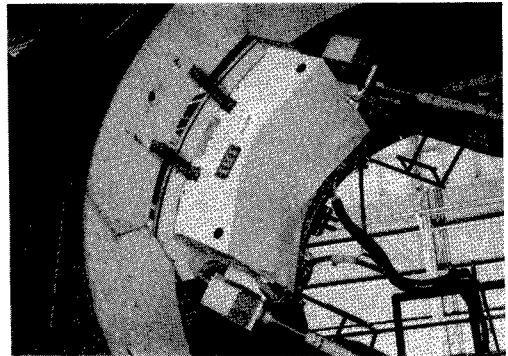


写真-1 組立状況

表-1 組立時間

	1ピース平均組立時間（実験値）	6ピースの組立時間	1リング組立時間（粗位置決め含）
従来の矩形セグメントの手組み	—	—	約40分
センサを用いた自動組立	2分20秒	14分	25分
ガイド機構を用いた自動組立	1分50秒	11分	20分