

くさび式継手および自己締結式継手の  
大口径シールドへの適用について

帝都高速度交通営団 正員 藤木 育雄  
“ 正員 田島 勇、荻野 竹敏  
早稲田大学 正員 小泉 淳

## 1. はじめに

帝都高速度交通営団（営団地下鉄）では、セグメントの経済的・合理的な設計法およびその自動組立・省力化などについて継続して研究・開発を行っている。RC平板形セグメントのリング間にネジ締結式ピン継手を用いた大口径シールドの施工などはその一例である。

今回、セグメントの組立精度の向上・自動組立に向けて、くさび式継手（セグメント間）と自己締結式継手（リング間）を併用した、RC平板形セグメントの適用性について検討した。この継手形式は、小・中口径<sup>1), 2)</sup>での施工実績はあるが、鉄道複線断面(φ9,500mm)への適用にあたっては、セグメントの重量・桁高の増加および発生応力の増大に伴い、継手の形式・構造をどのように評価するかを検討する必要がある。

本報告はこれらの検討結果・各種試験などについて述べるものである。

## 2. くさび式継手および自己締結式継手の構造

両継手はくさびの原理を利用しており、セグメント間にくさび式継手(コッター継手)、リング間に自己締結式継手(クイックジョイント)を用いている。くさび式継手の埋込位置は、セグメントリングに作用する応力を考慮して決定しなければならない。セグメントの厚さ方向に対するH型金物の位置を、原設計のボルト継手と比較検討した。検討断面を図-1、検討結果を表-1および図-2に示す。

表-1 継手部抵抗モーメント(tf・m/R)

|       | 原設計  | 新継手位置(内側：外側) |       |       |
|-------|------|--------------|-------|-------|
|       |      | 5:5          | 4:6   | 3:7   |
| Mr+   | 7.21 | 8.93         | 10.78 | 12.65 |
| Mr-   | 4.77 |              | 7.09  | 5.28  |
| M+/M- | 1.51 | 1.0          | 1.52  | 2.37  |

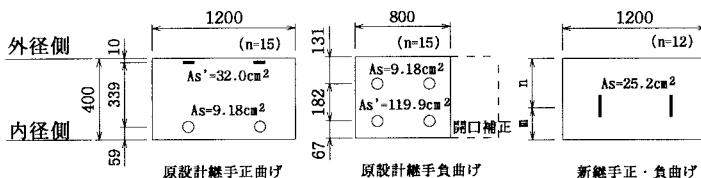


図-1 検討断面

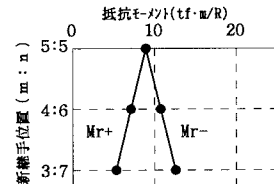


図-2 継手位置と抵抗モーメント

ボルト継手の負曲げは、継手部の断面欠損を考慮している。正・負曲げの比率はくさび式継手の位置を厚さ400mmに対し、内側から4:6の位置にしたときに原設計とほぼ同じ比率になり、3:7にすると応力的にバランスが悪くなる。このことから埋込位置は図-3に示すように内径側から4:6の位置とした。

自己締結式継手は雄型・雌型金物をセグメントに直埋めしている（図-3参照）。直埋めするにあたり、雄型金物取付部を合成ゴムで巻き、アンカーバーを鞘管に通して自由長を取ることで、従来のボルト継手と同等の施工余裕およびトンネル軸方向の変形能を確保した。

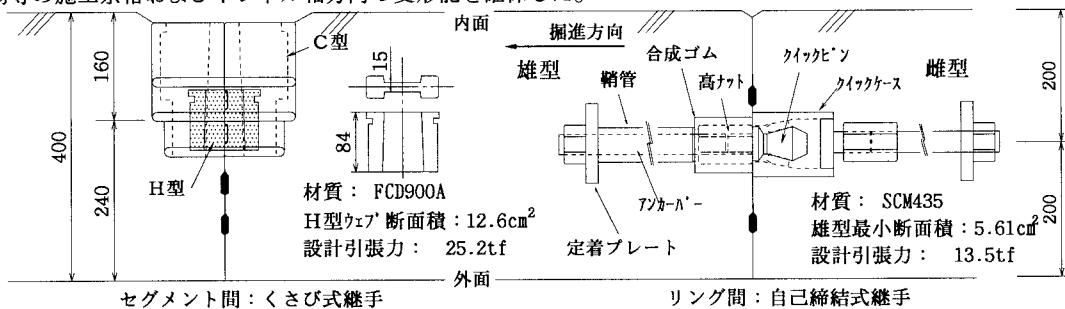


図-3 セグメントへの埋込状況

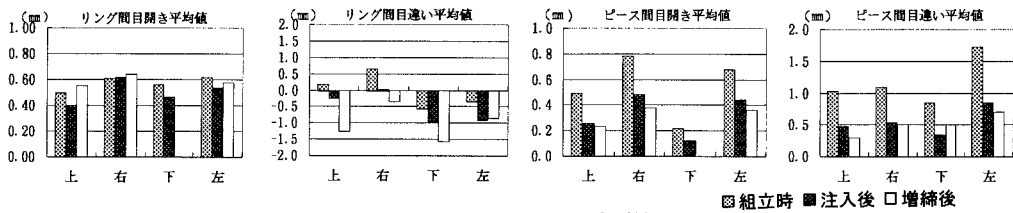


図-4 目開き、目違い量計測結果

己締結式継手雄型は継手ボックス型)での施工では約30分から35分であった。

今回の組立時間はセグメント重量が約4倍、セグメント数が2倍多いたことを考慮するとかなり改善されたと考えられる。また、継手構造をボルト継手から大幅に変更したにもかかわらず、作業員の慣れは早く、大きなトラブルもなかったことから、既設のセグメントに倣いながら組み立てるという新継手セグメントの特性を十分に生かせたと考えられる。従来継手による組立では、複数の作業員がボルトの挿入手締め、トルクレンチでの締結作業を行うのに比べ、作業が分業化・単純化され、組立の自動化・機械化の一つの方向性を示したものと考えられる。

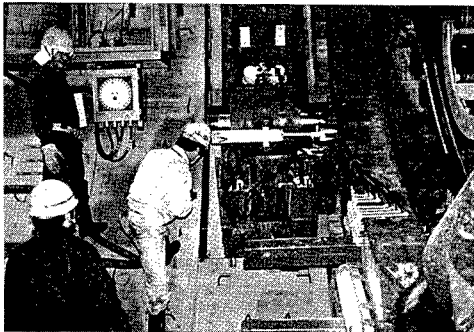


写真-1 リング間自己締結式継手締結状況

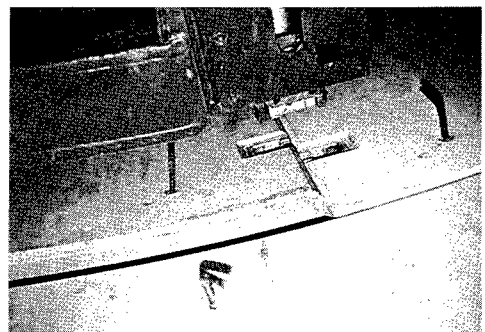


写真-2 セグメント間H型金物打ち込み装置

#### 4. まとめ

組立精度に関しては、断面が大きくなったにも係わらず、外径4300mmと比較して同傾向であり、大断面の方が精度が良いものもあった(真円度、リング・セグメント間目違い)。これは自己締結式継手を直埋め型に改良した結果と考えられる。作業性に関しては、セグメントの位置を合わせるのに従来の様にボルトを手で挿入、仮締めするのと違い、粗位置を決めれば継手自身がガイドとなり位置が決まること、締結作業がほとんど人力を必要としないことから向上したと考えられる。また、自己締結・無線操作による締結となったことから、今回の組立は遠隔操作による半自動組立と行うことができる。さらに作業性を向上し、省力化・自動化を図るためには以下のような課題がある。①セグメントの搬入から把持までの機械化、自動化。②セグメントとエクスターの相対位置を一定に保つボルト機構。③KセグメントH型金物の自動打ち込み。

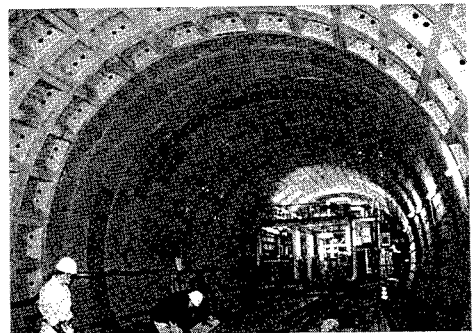


写真-3 仕上がり状況

今回、Kセグメント軸方向挿入型の平板形セグメントについて試験施工し良好な結果が得られたと考えている。今後は継手金物の改良によって経済性の向上を図り、軸方向挿入型の中子形セグメントへの適用性についても検討する予定である。また計測リングを設け、鉄筋、コンクリート、継手などの応力、リング間の変位などの計測を計画している。