

くさび式継手および自己締結式継手を併用した 大口径シールドの施工について

帝都高速度交通営団 フロー会員 斎藤 繁喜

前田建設工業 正員 田島 勇、荻野 竹敏
正員 山田 幸男、永田 健二

内ヶ崎 壮一郎

1. はじめに

近年、地下鉄建設費は、益々高騰化の傾向にあるが、その一因として労務費の上昇や作業員の高齢化・熟練作業員の不足などが指摘されている。

これらのことから、営團地下鉄はセグメント組立の自動化・省力化に向けてくさび式(コナー)・自己締結式(クリップジョイント)継手を併用したRC平板形セグメントを用いて、複線シールドトネル($\phi 9,500\text{mm}$)の一部区間で試験施工を行った。施工場所は、図-1に示す南北線溜池停車場～永田町停車場の区間である。試験施工区間の土被りは約1D～1.3D、地質は、トネル上部がN=5前後の関東ローム、掘削部がN=20前後の洪積砂層である。また、縦断勾配は3.25%の下り、平面線形は右R=335mとなっている。本報告は、試験施工のうち、施工状況と出来形などについて述べるものである。

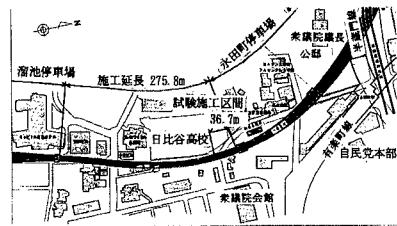


図-1 工事平面図

2. くさび式継手および自己締結式継手セグメント

今回使用したセグメントは、セグメント外径9500mm、幅1000mm、厚さ400mmで、分割数は8(5A+2B+K)、Kセグメントは組立特性から軸方向挿入型とした。セグメント間のくさび式継手は設計引張力25tfのものを各 π -ス間に2カ所合計16カ所、リング間の自己締結式継手はセグメントに直埋めされており、M30、8.8相当を1t π -ス4本、Kセグメントは1本の合計29本配置している。組立は、既設のリング、 π -スに倣って位置を合わせ組立てる。作業手順は以下の通りである。① π -ス間内面を合わせる。②トネル軸方向にセグメントを送り込みリング間を自己締結式継手で締結。③エクタ-に搭載したくさび式継手H型金物打ち込み装置により、所定の油圧でH型金物をセグメント間に挿入。

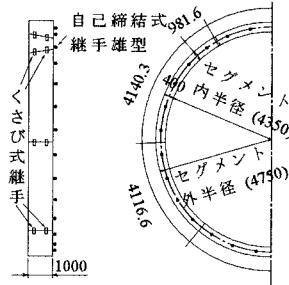


図-2 セグメントリング

3. 施工結果

試験施工において以下の項目について確認した。

①真円度 リングの真円度は、組立時(テルクリアスより測定)および、後続台車通過後(切羽より35m後方で、ポール尺・テープで測定)に計測した。組立時は約10mmの縦長であったものが、後続台車通過後には約5mmの縦長となり、ほぼ真円に近くなった。これは組立時に、シールドシヤッキの拘束、くさび式継手の締め上げにより縦長にあったものが、地山に出て裏込め注入圧・土水圧といった外荷重を受けることにより、なじんだためと考えられる。継手金物による施工余裕は同様の継手を使った外径4300mmと同じ、セグメント間で $\pm 2\text{mm}$ 、リング間で $\pm 2.5\text{mm}$ としたが、施工誤差はむしろ小さくなっている。¹⁾

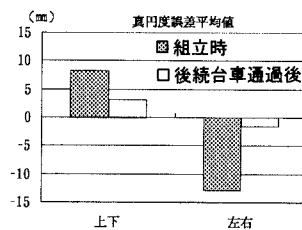


図-3 真円度誤差

②目開き・目違い リング間の目開き0.6mm程度、目違いが0.5～1.6mm程度、セグメント間の目開き0～0.7mm程度、目違い1mm前後と小さなものとなった。セグメント間の目開き・目違いは真円度と同様に組立時と比較して、裏込め注入後およびくさび式継手H型金物の増締め後には小さくなる傾向にあった。

③組立時間、作業の単純化・簡素化 セグメントの組立時間は平均53分であった(組立時間：組立のためのジャッキ引き時から、Kセグメント組立後のジャッキ押し当てまでの所要時間)。セグメント外径4300mm(セグメント分割数6、自

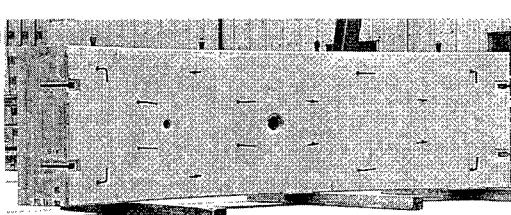
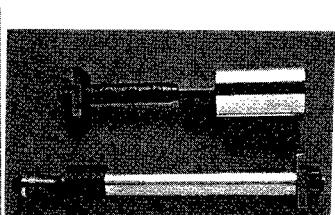
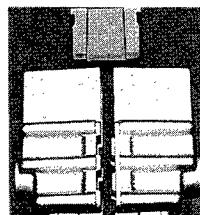


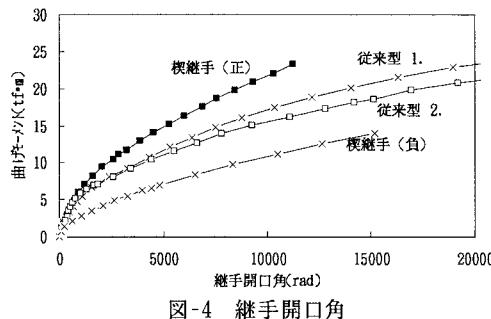
写真-1 くさび式継手 写真-2 自己締結式継手 写真-3 セグメント(外径9500mm、厚さ400mm、幅1000mm)

3. セグメントの継手曲げ試験

セグメントの継手曲げ試験の結果を表-2に示す。各試験とも所定の強度を十分満足しており、破壊モーメントから正・負継手曲げの単体曲げに対する継手効率を求めるとき、正曲げ61%、負曲げ46%となり、継手埋込位置、強度が十分にその性能を有していることが確認された。

継手負曲げ試験で強度が多少大きく出ているのは、C型金物が、圧縮鋼材として作用したためと考えられる。

図-4に、曲げモーメントと継手開口角との関係を示す。図-5は得られた回転ばね定数を示したものである。従来型セグメントの諸元を表-3に示す。新継手の回転ばね定数は許容曲げモーメント内では約4000~9000tf·m/radとなり、従来型のボルト継手と同程度であった。荷重毎の変化を見ると、ボルト継手では初期締め付け力を越えると開口量が大きくなり回転ばね定数が小さくなるのに対し、くさび式継手は初期締め力を越えた後も回転ばね定数の変化の割合はそれほど大きくない。



4.まとめ

くさび式継手・自己締結式継手に関する個々の性能確認およびセグメントに組み込んだ場合の各種試験により、これらの継手の大口径シールドへの適用の可能性について検討した結果、従来のボルト式継手と遜色のないことが確認できた。

現在、営団地下鉄が施工中の南北線で試験施工を行い、施工性などについても確認することにしている。

なお、実設計を行った結果、今回の継手を用いるとセグメント間・リング間とも断面欠損がほとんどなく、無理のない配筋が可能となり、従来型セグメント(継手ボックスタイプ)と比較して鉄筋量が約7%減じることができたことを付記する。

表-2 セグメントの継手曲げ試験結果

	単体曲げ	継手正曲げ	継手負曲げ
設計曲げ(tf·m)	22.0	11.0	6.75
破壊曲げ(tf·m)	54.25	33.0	25.1
安全率	2.47	3.00	3.72
継手効率 (%)	—	61	46

表-3 セグメント諸元

	新継手	従来型. 1.	従来型. 2.
セグメント外径(mm)	9,500	9,800	9,500
〃 幅 (mm)	1,000	1,200	1,200
〃 厚さ (mm)	400	400	400
設計曲げモーメント(tf·m)	11.00	5.82	7.20

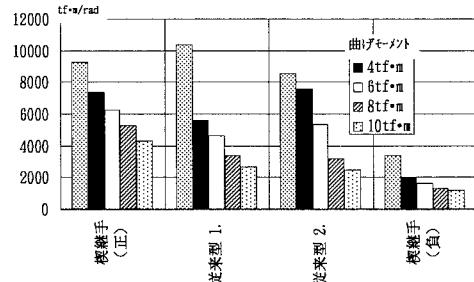


図-5 回転ばね定数の変化

1):松井、川本 他 コッター式継手の基礎実験 トンネル工学研究発表会 VOL. 2 1992

2):喜田、小泉 他 コッター・クリックジョイントセグメントの実施工 トンネル工学研究発表会 VOL. 3 1993