

Ⅲ - B126

急速施工用セグメントの開発(その1)
—工法概要と高剛性セグメント継手の性状—

東急建設	正会員	伊藤久雄*
同 上	正会員	浅上裕司*
同 上	正会員	高松伸行*
日本鋼管ライトスチール		戸井田浩**

1. はじめに

シールド工事においては生産性の向上をはかり工事費を低減することが最近の課題となっている。その方策として掘進延長の長距離化や急速施工化が進むと予想される。シールド工事の長距離化および急速施工化を進めるにあたり、シールドの掘進性能、セグメントの組立性能、掘削土砂・資機材搬送などの要素技術を総合的に検討する必要がある。筆者らはこれらのうちまずセグメントの組立性能に着目し、ボルトレスでかつ高剛性セグメント継手を有するセグメントの開発をとおして省力化を目指すとともに急速施工が可能なシールドトンネル急速施工法の開発を行っている。本文は急速施工法の概要およびセグメントの概要と特徴を述べるとともに高剛性セグメント継手の性能について考察を行ったものである。

2. 工法概要

本工法は図-1に示すように六角形セグメントを用いてセグメントの組立とシールドの掘進とを同時に行うシールド工法である。セグメントは通常のセグメントとは形状が異なり、セグメント継手面が50分の1の勾配をもつ六角形状になっている。セグメント継手はボルト・ナットにより継手板を締め付ける方式ではなく、図-2に示すようにT字形の雄金具と雄金具を受け入れる雌金具とからなっている。これらはくさび効果により雄金具のウェブに軸ひずみが発生するようになっていて、ボルト継手における初期締め付け効果と同様な締め付け力がセグメント組立と同時にセグメント継手面に生ずる。セグメントの組立はセグメントリング半リング分のシールド掘進後、1リングのセグメントを構成する半数のセグメントピース（1ピースおきに）を同時に組み立てて行く。

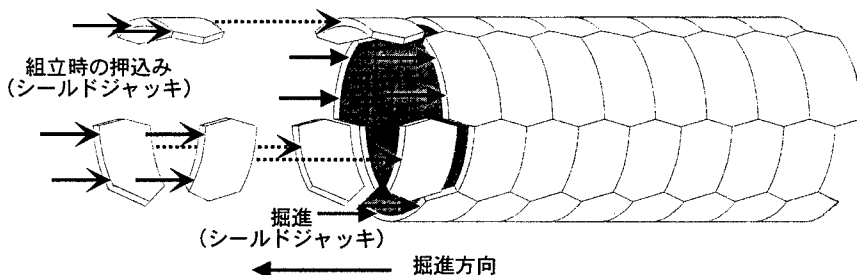


図-1 急速施工工法の概要

組立時、セグメントはシールドジャッキによりトンネル軸方向に押しつける。シールドジャッキの油圧系統は2系統になっていて、それぞれの系統がシールドの推進とセグメントの組立を交互に行う。

このように、本工法のセグメント組立作業はボルト締結作業を必要としないため、①省力化が図れる、②エレクタ機構の設備軽減が図れる、および③セグメント組立時間の短縮が図れるなどの特長を有している。

3. セグメントの概要

本工法で用いるセグメントの概要を図-2に示す。セグメントの分割数は4または6でいずれも等分割である。また、トンネル線形が直線の場合にはセグメントピースは同一形状である。セグメントリングはリング継手面が隣接するセグメントとは半リング分ずれている。

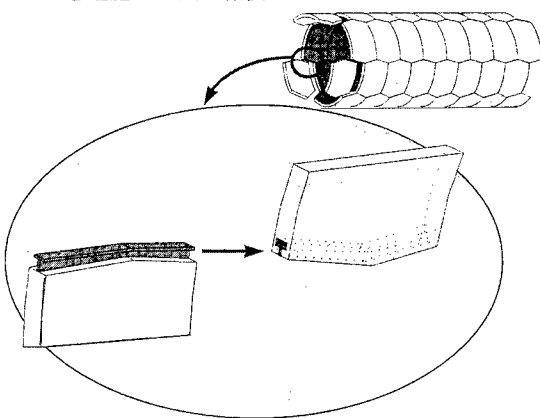


図-2 セグメントの概要

キーワード：急速施工用セグメント、嵌合式セグメント継手、くさび効果、回転ばね定数

* 〒150 東京都渋谷区渋谷1-15-21 ポーラ渋谷ビル8階 TEL03-5466-5276 Fax03-3406-7309

** 〒103 東京都中央区日本橋堀留町1-10-15 TEL03-5644-1212 Fax03-5644-1237

セグメント継手は図－ 2に示すように、T字形の雄金具と雄金具を受け入れる雌金具とからなっている。雄金具は鋼製で鋼材を溶接して製作する。雌金具は鋳鉄製である。

図－ 3は雄金具の押し込みにより雄金具ウェブ部に軸引張力が作用する状況を模式的に示したものである。雄金具と雌金具とはそれぞれテーパ形状になっていて、雄金具のフランジ下端面と雌金具テーパ面とが面接触するように嵌合され、同時にくさび効果により雄金具ウェブ部に軸引張りひずみが導入される。これはボルト継手における初期締め付け効果と同様な締め付け力がセグメント継手面に生ずることを示す。

リング継手はほぼ形状になっていてボルトなどによる締結は行わない。しかしながら、リング継手面が同一面上にないこととセグメント継手面が継手の締め付けにより圧縮状態にあるため通常の荷重状態ではリング継手は目開きおよびせん断ずれの発生はないものと考えている。

4. セグメント継手の挙動

セグメント継手の力学的な性能を確認するために、外径φ4800mmのコンクリート系セグメントを対象としてシールド工用標準セグメント（土木学会・日本下水道協会共編）と本工法に用いるセグメントとでセグメント継手回転ばね定数の比較を行った。標準セグメントの回転ばね定数は、村上・小泉の方法により算定した¹⁾。

図－ 4に示すように本工法で用いるセグメント継手はコンクリート系セグメントの場合はセグメントの図心軸上に配置する。このため、セグメント継手の回転ばね定数は正曲げの場合と負曲げの場合とで等値となる。

本工法に用いるセグメントの回転ばね定数は雄金具ウェブを引張鉄筋と見なし、鉄筋コンクリート理論により中立軸を求めて以下の式により算定した。

$$k_{\theta} = (x - y_0) \left(x - \frac{y_0}{3} \right) \frac{E_s A_w}{L_w}$$

ここに、 x はセグメント圧縮縁から図心までの距離、 y_0 はセグメント圧縮縁から中立軸までの距離、 E_s は雄金具ウェブのヤング率、 A_w はウェブの断面積、 L_w はウェブ引張有効長さを表す（図－ 4参照）。

表－ 1は回転ばね定数の比較表である。この表からわかるように、本工法で用いるセグメントのセグメント継手回転ばね定数は標準セグメントの回転ばね定数よりもかなり大きな値を示している。

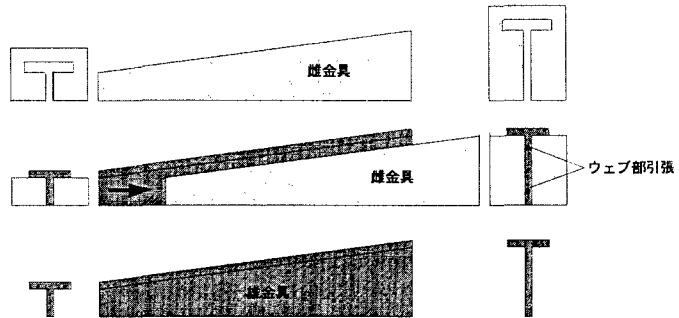
5. おわりに

以上により本工法の概要とセグメントの概要およびその特長を示した。また、本工法の目的の一つであるセグメント継手の高剛性化を明らかにするためにケーススタディを行い、通常のボルト接合継手よりも回転ばね定数が大きくなることを示した。

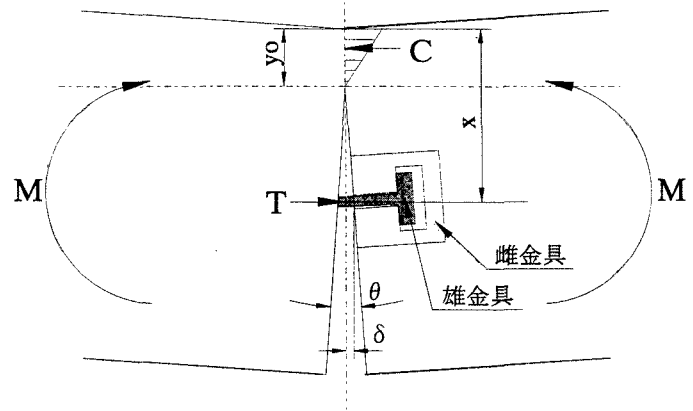
現在、本工法の実現に向けてセグメント継手の嵌合実験²⁾、セグメント継手の曲げ実験などを行っているところである。

《参考文献》

- 1) 村上博智・小泉 淳：シールド工用セグメントのセグメント継手の挙動について、土木学会論文報告集、第296号、pp.73～86、1980年4月。
- 2) 高松 他：急速施工用セグメントの開発（その2）、第52回年次学術講演会講演概要集、1997年9月（投稿中）。



図－ 3 セグメント継手のくさび効果



図－ 4 セグメント継手の変形状態

表－ 1 セグメント継手回転ばね定数の比較(単位:tf・m/rad)

標準セグメント		急速施工用セグメント
正曲げ	負曲げ	正曲げ・負曲げとも
6.97×10^2	1.74×10^2	1.09×10^4