

36. 自動組立用セグメントの開発

前田建設工業(株)：松井 芳彦

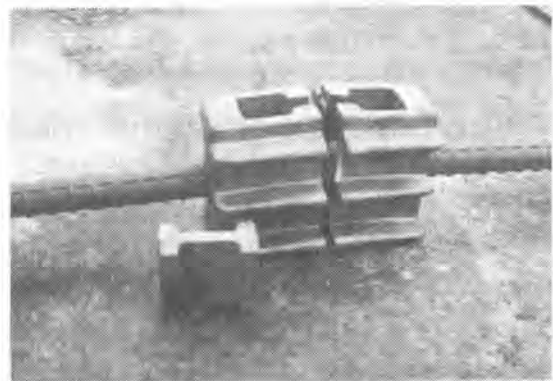
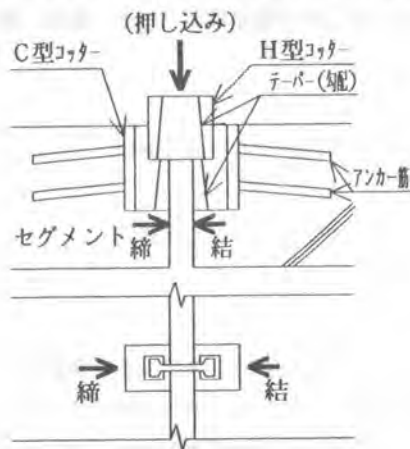
1. はじめに

シールドトンネルの一次覆工（セグメント）は、ボルトにより組み立てられているのが一般である。しかし同継手ではボルト・ナットの供給・締結の作業が高所、狭隙部でのものとなり施工が困難となる。また近年、セグメント組立作業の自動化が図られているが、そこで最も困難な作業工程はボルト・ナットの供給・締結の作業であると言われている。

当社ではボルトに変わる新しい継手方式としてコッター式継手を開発・実用化しており、この度更に、リング間継手としてクイックジョイントを組み込んだ新しいセグメント継手方式を開発した。

2. コッター式継手について

コッター式継手は、セグメント端部にアンカー筋付きC型コッターを埋め込んでおき、隣接するセグメントのC型コッター同士にH型コッターを挿入して締結する機構である。C型コッター・H型コッターのフランジには1/20のテーパが付けられており、H型コッターが挿入されてゆくにしたがってC型コッター同士（セグメント同士）が引き寄せられる事になる。



球状黒鉛铸铁製

写真-1 コッター式継手金物

この継手方式により、次のような改良効果が期待される。

- ① 埋込コッターが小さいのでセグメントの配筋を妨げない。また設置個数や部材厚さに融通性があるので、継手部の強度、剛性の調節が容易である。
- ② H型コッターを深く挿入することで、負の曲げモーメントにも容易に対応できる。
- ③ 締結動作が簡単で、自動組立への対応が容易である。

3. コッター式継手の実施工

2で述べたコッター式継手を「荒川右岸流域下水道 新河岸川幹線管渠築造16工区 1号工事」（泥土圧式・φ4800mm）において直線部30リング（継手総数 812組）で実施する機会を得て、各種計測を行った。その結果、以下の事がいえる。

- ① 今回施工したコッター式継手 812個（セグメント間12×29リング，リング間16×29リング）全数がトラブルなく施工でき、挿入量も規格値に収まっており、施工の信頼性が確認された。又、作業方法の変更にもかかわらず、ボルトと同等の作業時間で組立を行なうことができた。
- ② 組立後、シールド推力・外部土水圧・裏込注入圧等の作用を受けた状況での挿入量変化も少なく、また 3ヶ月後の挿入量変化もないことより、この継手の安定性を確認できた。
- ③ コッター式継手セグメントを用いた部分は、ボルト式セグメントを用いた部分より径の経時変化が小さく、継手部が安定している。

挿入治具先端のツメをC型コッター手前のアゴに掛けて反力を取り、H型コッターを圧入してゆく。金物に付けたテーパにより楔効果が発揮され、セグメントが緊結される。

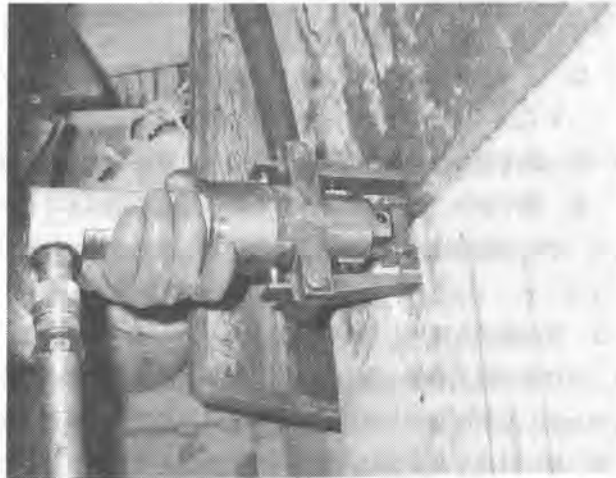
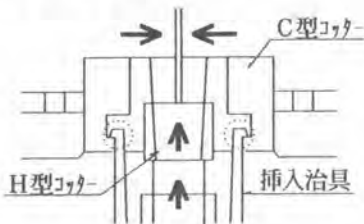


写真-2 コッター式継手締結作業（H型コッターの挿入）

4. クイックジョイント式継手について

- ① 雄型連結部材が雌型連結部材内周面の楔板を押し広げながら進入して行く。
- ② 雄型連結部材の拡幅部が楔板を通過すると、楔板は圧縮ばねにより口元に押し戻される。
- ③ 楔板と雄型連結部材が密着し、雄型連結部材は抜け出し不能になる。

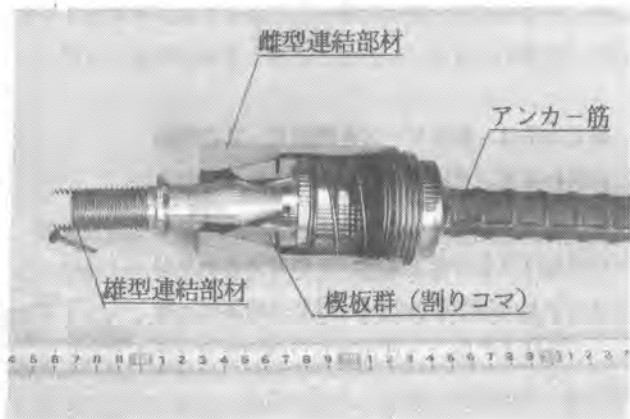
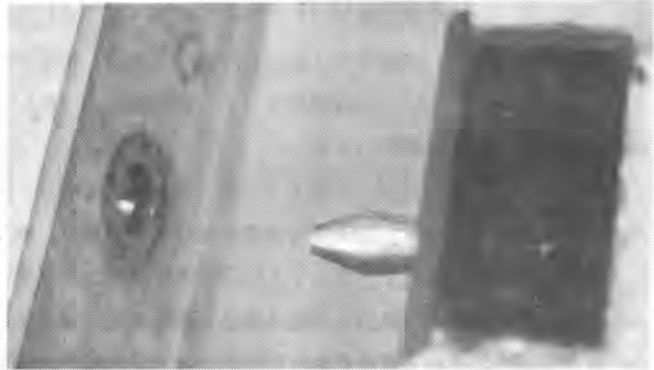


写真-3 クイックジョイントの機構

既設側埋込形状
(雌型連結部材)

新設側埋込形状
(雄型連結部材)

写真-4 クイックジョイントの
設置状況



前述のように、コッター式継手を用いれば、高剛性の継手が簡単に得られることが判った。一方、リング間継手については、施工時に大きなジャッキ推力を受けて、地震力や不等沈下に対して軸方向の変形能を要求される場合もある。この状況に対応すべく、リング間継手として写真-3・4に示すようなクイックジョイントを考案した。クイックジョイント式継手の利点には、以下のようなものがある。

- ① リング間の締結が、エレクターの操作でセグメントを所定の位置にセットし押し込むだけで完了する。(締結がワンタッチである)
- ② 継手板のたわみが期待できるので、従来のボルト式継手と同等な軸方向変形能が確保できる。
- ③ 継手金物、箱抜きが小型なため、配筋を妨げることが少ない。また雄型連結部材を端面埋込式とすれば配筋に何ら影響を与えない。(変形能については連結部材やアンカー部で対処する)

5. 改良継手を使用したセグメント

これらの継手を組み込んだセグメント(外径 3800mm、厚さ 200mm、幅 900mm のRC平板形セグメント)を製作し組立実験を行った。リング間継手の切羽側にはクイックジョイント雌型連結部材を、坑口側には雄型連結部材固定用の箱型金具をそれぞれ3個埋設し、セグメント間継手にはコッター式継手C型コッターを2個ずつ埋設してある。コッター式継手C型コッターは端面に凸部分をつけた物と、凹型の溝を切っている物とが対になり、この凹凸が噛み合って面外せん断力に抵抗するようになっており、さらに凹型の溝の前後はセグメントにも溝を切っておき組立時のガイドとして使用している。

組立方法は、組立ピースを既設ピースの端面に合わせて、せん断キーを噛み合わせ、そのまま軸方向にスライドさせて既設セグメントに押し付けるだけでよい。これでクイックジョイントの雄型連結部材は雌型連結部材に挿入・締結される。

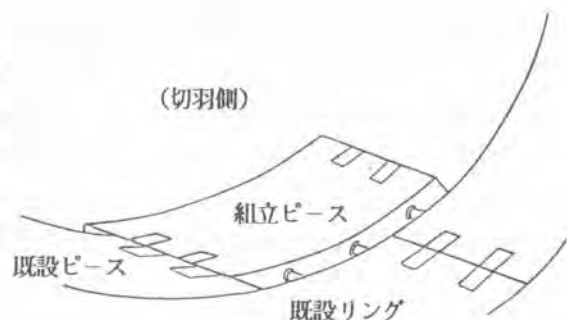


図-1 セグメント組立状況

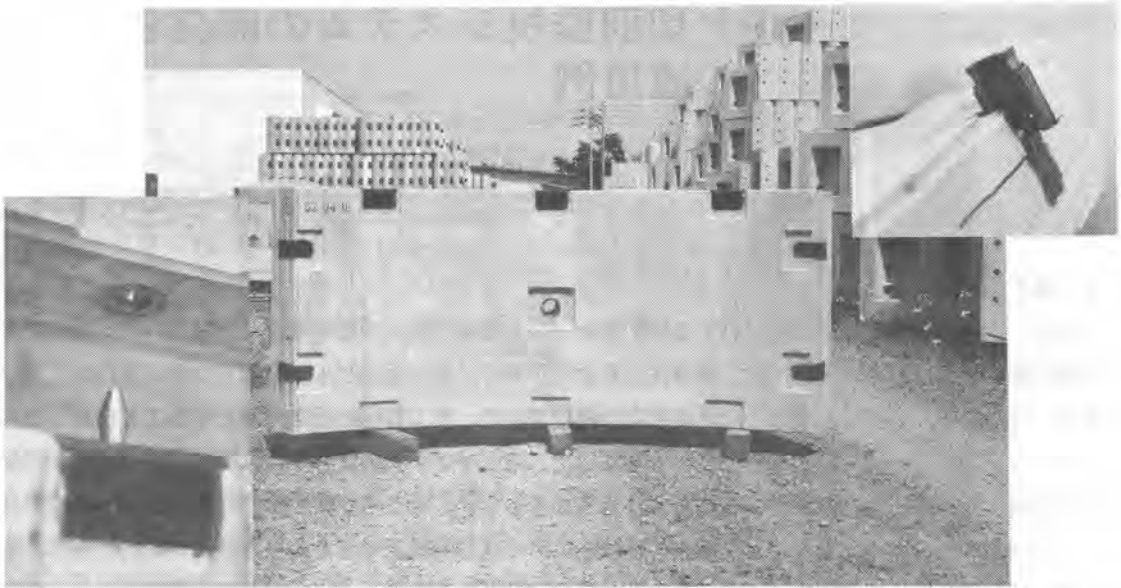


写真-5 改良継手を使用したセグメント

このセグメントを使用することにより次のような改良効果が期待される。

- ① 半径方向に挿入するだけで高い剛性を期待できるコッター式継手をセグメント間継手に使用することにより、リング剛性が一様に近い覆工体を形成できる。
- ② 入っていくだけの機構のクイックジョイント式継手をリング間継手に使用することにより、ジャッキ推力を締結力として利用できるので増締が不要になる。又、箱型金具、アンカー、ワッシャー等に工夫することにより、従来のボルトと同等な軸方向変形能を確保することができる。
- ③ コッター式継手のせん断キー及びクイックジョイントの雄雌連結部材とも噛み合わせることでセグメント組立のガイドとして作用するので、自動化にあたってはセンサー類を大幅に簡略化できる。
- ④ ボルトボックスを小さくできる、更には無くすこともできるので、セグメントの強度、止水性、耐久性を高めることができる。

以上のように、コッター式継手とクイックジョイント式継手を組み合わせたセグメントは様々な利点を持っており、その中でも①・②・③のように組立作業が簡素化できることはシールドの自動化への近道となるものであろう。

6. おわりに

シールド工事における自動化への流れは、熟練作業員不足と高齢化により加速されており、近い将来無人化施工へ向かうことは必然であろう。ここで最大の難関はセグメントの組立作業であり、特に中小径シールドにおけるもので、将来の組立作業とセグメント構造を見直す必要がある。ここに紹介したものは、中小径への自動組立を可能にし、更に組立装置の簡素化を目指したものであるが、今後も覆工構造を含めた自動化に取り組み、更によりよいものにしていきたい所存であり、皆様方の御意見・御指導をお願いする次第である。