

コッター・クイックジョイントセグメントの実施工と現場計測 CONSTRUCTION OF SHIELD TUNNEL USING COTTERS AND QUICK-JOINT SEGMENTS

山田 幸男、永田 健二、山中 邦夫
Yukio YAMADA, Kenji NAGATA, Kunio YAMANAKA

We developed "Cotter and Quick-joint" for shield tunnel segments. Cotter joints connecting circumference segments achieves stable fastening capacity, high rigidits and accuracy while Quick-joints connecting formed rings will be tightened gradually by shield trust jack force and will achieve high stability and water tightness.

In order to verify such advatage, the Cotter and Quick-joint was applied to an actual power tunnel project and strains on quibk-joints and longitudinal strain on steel segments were monitored for two months. The result was satisfactory amd the detail is described in this report.

Keywords:shield tunnel,joint of segment,Cotter jointing method ,Quick jointing method

1. まえがき

セグメントの継手はボルト継手が主流であるが、近年作業環境の改善、自動組立を図るべく様々な継手が提案されてきている。コッター・クイックジョイントセグメントは、シールドの一次覆工のRCセグメントにおいて、セグメント間をコッター継手、リング間をクイックジョイントにより締結するセグメントである。

コッター・クイックジョイントは共に楔の原理により締結される。セグメント間継手のコッターは、セグメント本体に埋め込まれたC型金物とH型金物から構成され、締結はフランジにテーパのついたH型金物をC型金物に挿入するだけで終了する。リング間継手のクイックジョイントは、セグメント本体に埋め込まれた雌型金物と、セグメント端面に取り付けられた雄型金物から構成され、雄型金物を雌型金物に押し付けるだけで締結が完了する。当セグメントの特長は以下になる。

- ①セグメント組立の、位置決め、締結の動作が簡素化されており、作業が平易なものになる。
- ②施工管理はコッターの圧入管理となり、一定の組立品質が得られる。
- ③2つの継手の使い分けにより、明快で単純な構造が得られる。
- ④継手金物の小型化、直理めにより、セグメントの本体に弱点を持たない。

今回関西電力小曽根支線新設工事管路第9工区において本セグメントを施工し良好な結果を得たのでその施工状況と計測結果を報告する。

* 正会員 前田建設工業(株) 本店土木設計本部計画推進部
* 前田建設工業(株) 大阪支店

2. 施工状況

施工延長：196.4m

R Cセグメント(3A+2B+K)

外径：4,300mm

幅：1,000mm

厚さ：175mm

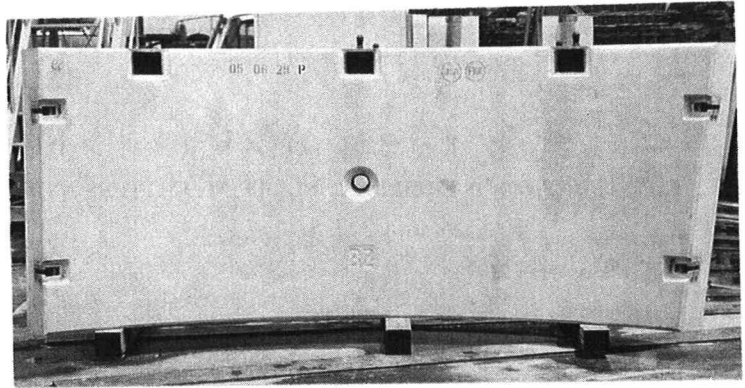


写真-1 コッター・クイックジョイントセグメント

2・1 セグメント組立状況

セグメント組立は以下の手順で作業員二人で行われた。

手 順

ポ イ ン ト

- ①組立セグメントの継手面を、既設ピース 面に → 既設セグメント内面に倣って位置を決める。
添わせる。
- ②組立セグメントをエレクターで軸方向に送り込 → コッターせん断キー、クイックジョイント雄型
む。(リング間クイックジョイントが自動締結) 案内部が、位置決めガイド機能を果たす。
- ③コッター自動締結装置によりセグメント間コッ → 自動締結装置の打ち込み油圧を一定とし締結力
ター継手を締結する。 を管理する。打ち込みは無線機による遠隔操作
で行い、2カ所同時に締結する。

2・2 セグメント組立の比較

図-1のフローにより本継手と従来のボルト継手との締結作業の比較を行う。組立時間としては、ボルト・ナットの供給締結作業が、エレクター操作によるクイックジョイントのワンタッチ締結、コッターH型金物の挿入のみとなることにより、今回と類似径のものと比較し、9分から4分に短縮された。1リングの組立時間としては平均で35分であった。

今後自動化を指向した時、ボルト合わせが無く位置決めが継手金物のガイド機能により簡略化されることにより、組立時間の更なる短縮が期待できる。

また、高所・狭隘部での作業が少なくなったこと、後工程としての増し締め繰り返し省略されたことも作業に大きな余裕をもたらした。

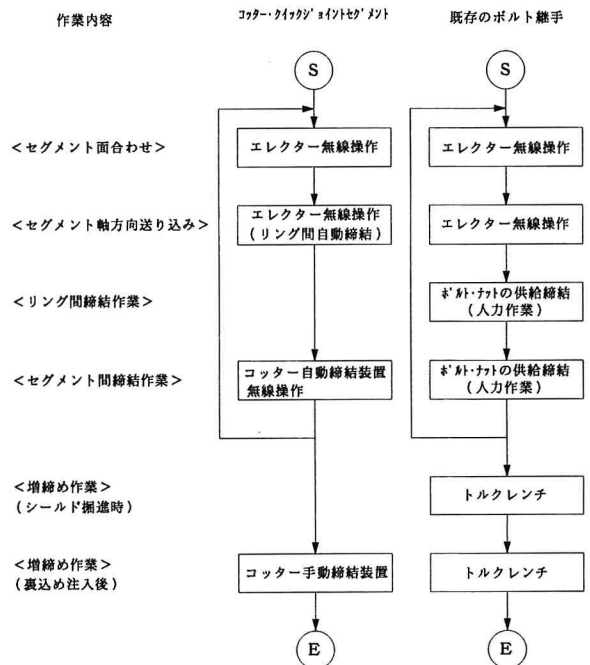


図-1 継手締結の作業フロー

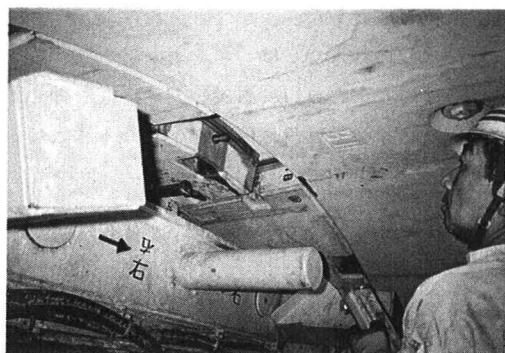


写真-2 リング間締結状況

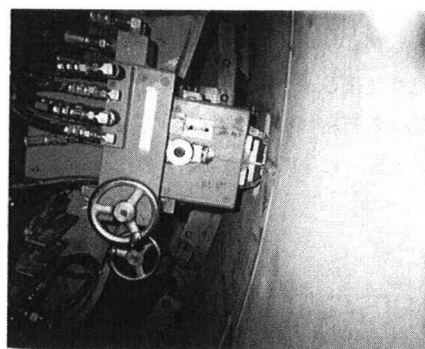


写真-3 セグメント間締結状況

3. 出来型計測

3・1 計測項目と方法

組立精度について、セグメント真円度、リング間目開き量について計測した。

表-1 計測項目と方法

計測項目	計測箇所	計測方法	計測時期	計測頻度
真円度	鉛直方向	レベル計	シールド機を 抜けた時点	1回／3リング
	水平方向	伸縮ボール尺		
リング間目開き量	左右スリットライン	隙間ゲージ	同上	同上

3・2 計測結果

真円度は、鉛直方向誤差で平均 +4.91mm、水平方向誤差で平均 -3.24mmとなり、全線について縦長の傾向がある。ボルト継手の場合は、セグメント組立時にボルトを仮締めしながら組み立てるため、セグメント自重により、鉛直方向につぶれる傾向にあるが、当セグメントは1ピースずつ締め上げ、さらにコッターの剛性が高く、姿勢制御によるテール拘束の影響から縦長になったと考えられる。

リング間目開き量は、坑口から見て右側が平均 0.59mm、左側が 0.33mmであった。左右で差があるのは、マシン特性によりやや左側に片押しの傾向があったためである。

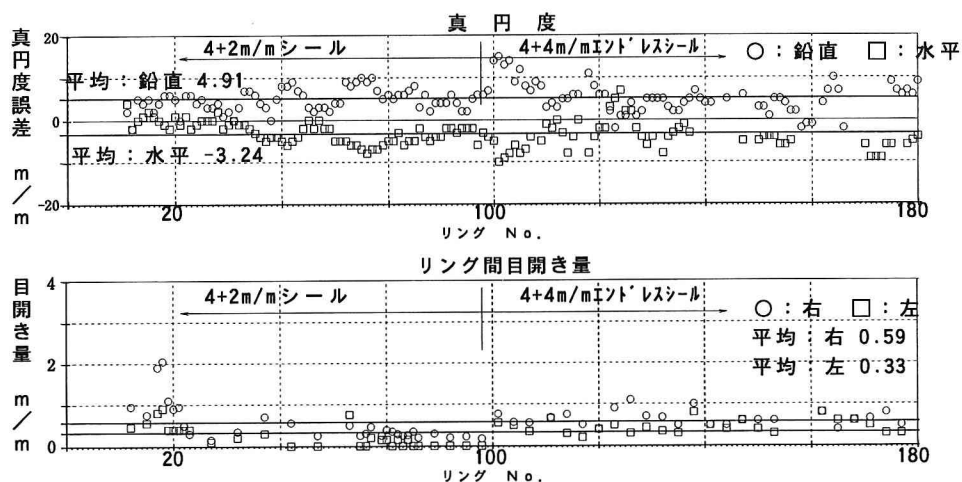
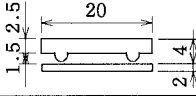
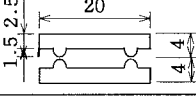


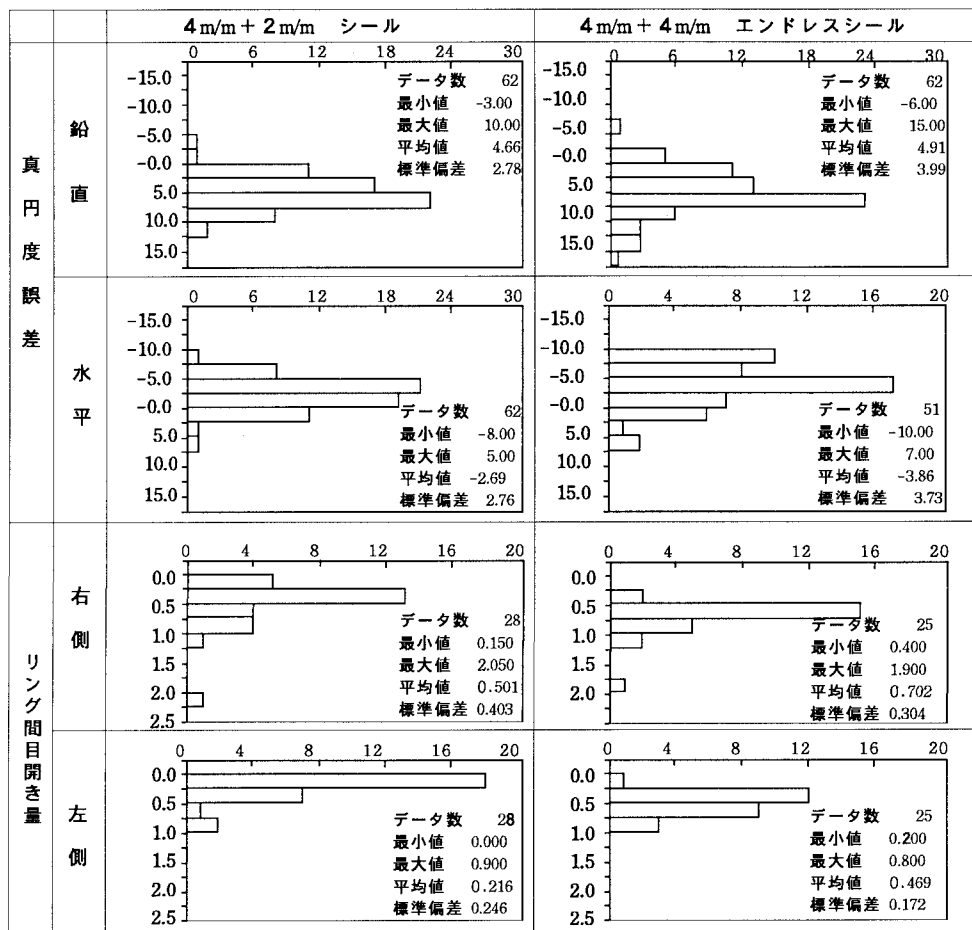
図-2 出来型計測結果

今回の施工では、２種類のシール材を用い当セグメントとの適正を検討した。

当セグメントの組立特性（セグメント間既設面にを押しつけて送り込む）からは、エンドレスシールの方が競りによるシールのめくれがなく、欠損による漏水もなく適しているが、真円度誤差、リング間目開き量ともに断面積率の大きいエンドレスシールの方が大きくなっており、今後シール材の圧縮率、膨張率と、推進ジャッキによる圧縮力を考慮した検討が必要である。

表－２ シール材諸元

	形状・組合せ	溝断面積	シール材断面積	断面積率	体積膨張率
4+2m/m シール		0.88cm ²	0.97cm ²	110%	8倍
4+4m/m エンドレスシール		0.88cm ²	1.14cm ²	129%	8倍



図－３ シール別出来型ヒストグラム

4. クイックジョイント締結状況の計測

4・1 計測方法

リング間継手であるクイックジョイントは、一旦締結されると後戻りしない機構となっており、ジャッキ推力により圧縮力が作用することにより、さらにクイックジョイント雄型は前進締結される。この締結機構を確認するために、幅30cmのスチールセグメントにひずみ計を設置し、シールド掘進に合わせて2カ月間計測を行った。計測にあたってクイックジョイントには約2tf (400 μ)の初期締結力を導入した。

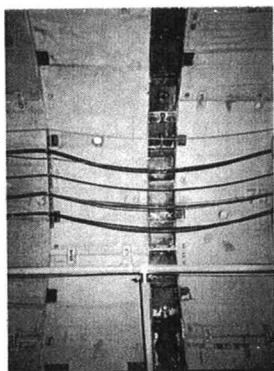


写真-4 スチールセグメント計測状況

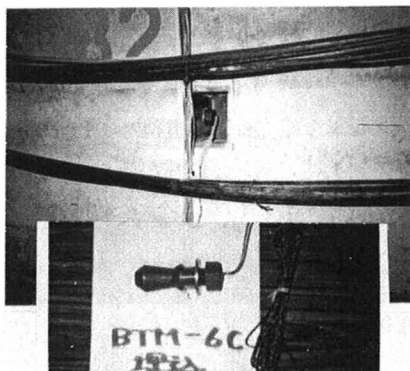


写真-5 クイックジョイント計測状況

4・2 計測結果

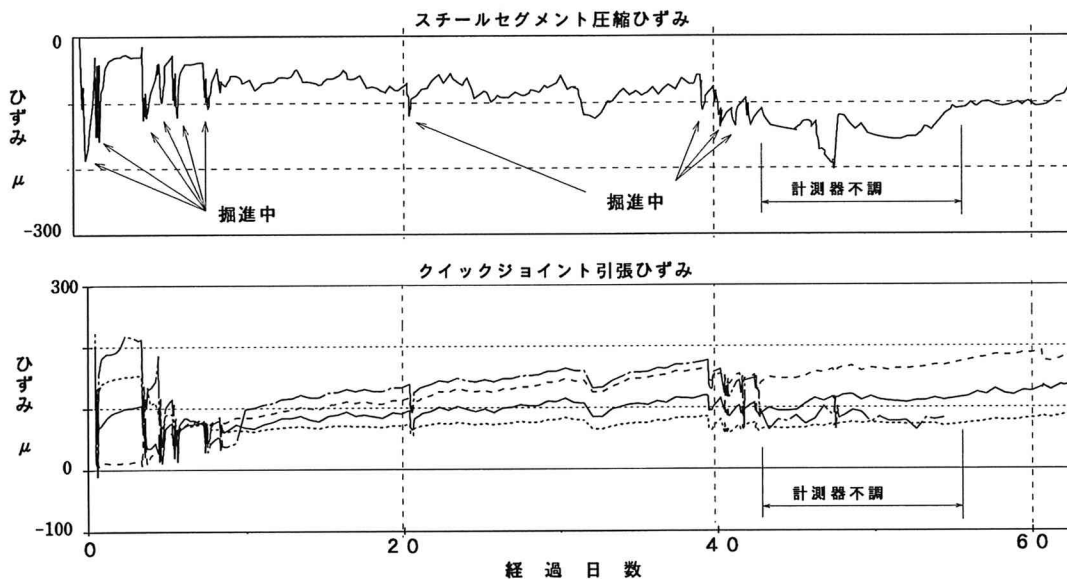


図-4 ひずみ計測結果

スチールセグメントひずみ経時変化によると、シールド掘進時には圧縮ひずみが大きく発生し、セグメント組立時にはひずみは解放されるが、掘進時の3割程度残留していることが解る。シールド機が進行するに従い、掘進中の発生ひずみ増分は徐々に少なくなるが、裏込注入材の固化によりセグメントが地山に拘束されひずみの解放率少なくなる傾向にあり、最終的にトンネル軸方向に圧縮力が残留している。

クイックジョイント雄型金物のひずみはジャッキ推力に追従しており、掘進時には初期ひずみが解放されるが、掘進停止中に回復している。このことは、掘進中はジャッキ推力によりセグメントシール材がつぶれ雄型金物が微量前進し初期締結力が解放されるが、セグメント組立時の一次的な推力の解放でシール材の反発力で噛み込みが深くなり締結力が回復するものと推定される。さらに推力の影響は距離が離れるにつれて小さくなり、クイックジョイント雄型ひずみは微増の傾向にあり、徐々に安定した締結状態となることを示している。

5. まとめ

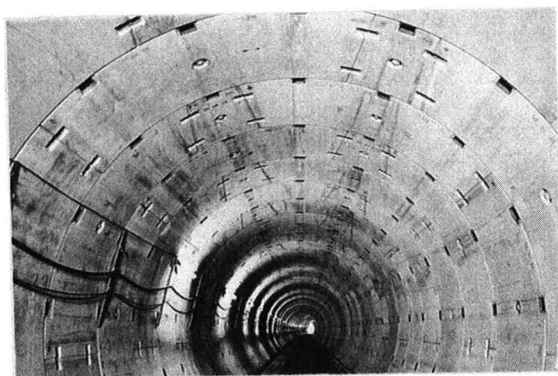
当工事の施工結果は、当初の狙い以上の出来として評価できるものであり、施工と計測を通し以下のことが確認できた。

- ①セグメントの組立は、位置決め、締結動作がスムーズに行え作業が安全に行えた。
- ②セグメントは、リング剛性が高く、高精度の出来型となり漏水もみられなかった。
- ③クイックジョイントは、シールド推力により雄型が前進締結し、安定した状態を保持していることを確認した。

6. 今後の課題

今回はクイックジョイント雄型はボックスを設けて設置したが、クイックジョイントが安定した締結状態保持していることより今後は、セグメントに直埋めすることが可能と思われる。直埋めすることにより、ほとんど断面欠損のない覆工体が得られる。

今後の、大断面を含め適用範囲を拡げ、本セグメントの特長を生かした簡素な機構による自動組立装置を開発していきたい。



写真－6 一次覆工

参考文献

- 1) 坂口良孝・松井芳彦・茂木徳次郎：コッター式継手セグメントの実施工、トンネル工学研究発表論文・報告集第1巻、1991.12
- 2) 松井芳彦・川本伸司・永田健二：コッター式継手の基礎実験、トンネル工学研究発表論文・報告集第2巻、1992.10
- 3) 喜田吉夫・小泉 淳・納見誠一：コッタークイ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論文・報告集第3巻、1993.11