

38. シールドのスポーク回転式カッタビット交換工法の開発と適用

清水建設(株)：*久原 高志、高木 律
三菱重工業(株)：田中 淳一

1. はじめに

一般に長距離シールド工事やレキ地盤でのシールド工事では掘削用カッタビットが摩耗・損耗し、掘削に支障をきたすためカッタビットの交換が必要となる場合が多い。消耗品であるシールド掘削用ビットの交換については、従来、ビット点検・交換用の中間立坑を築造するか、地盤改良などの補助工法により地山の自立性と止水性を確保後にシールド後方からマンロック（マンホール）を経由して作業員がシールドチャンバ内に入り、人力でビットの交換作業を行っていた。しかしこれらの方法ではビット交換に相当の時間を費やすうえ、狭隘作業空間での危険作業を伴う場合が多いなどの理由から、機械的にビットを交換する方法が数種類開発・実用化されている。主な方法としては、下記の方法が実用化されている。

- ①球体シールド（クルンシールド工法）
- ②ビットライズ、レスキュービット、ビットライズ等ビットが伸びて出てくるもの
- ③ビットホルダ（トレール工法）
- ④スポーク回転式

本工法はスポーク回転式について確実にカッタスポークを回転させる方法としてカッタヘッド旋回駆動力を利用した方法を開発・実用化したものである。図-1にスポーク回転式カッタービット交換工法の概要を示す。

2. 全体概要

本工法はカッタスポークの背面に交換用の予備ビットを装備し、このスポークを回転させることで損耗したビットと予備ビットを入れ替えるものである。スポークの回転はバルクヘッドに取り付けたラックとスポークの歯車を噛み合わせ、カッタヘッドを旋回して行なう仕組みになっている。

スポークの回転方法についてはスポークに回転装置を内蔵する形式が実用化されているが、本工法では極めて大きなカッタの旋回駆動力をスポーク回転に利用することでスポークの土中での回転の確実さを確保している。



図-1 スポーク回転式カッタービット概要

図-2 に装置全体の構造を示し、以下、構造についての概要を説明する。

2. 1 回転スポークの構造

回転スポークは外筒・内筒からなる二重管構造となっており、外筒には切羽面および背面にカットビットが配置されている。ビット交換時にはこの外筒を180度回転させることにより背面のビットが切羽面に移動し、摩耗したビットと入れ替わる。

この外筒の回転状況を確認するために回転検出板と近接スイッチからなる回転検出装置（検出角度2度）により外筒と内筒の間で回転検出を行なう。また外筒の回転止めは内筒に設置されたロックピン装置により行ない、ロックピンのジャッキを縮める事で固定解除が可能な構造になっている。

2. 2 ラック機構

回転スポークにはラックと噛み合わせる歯車となる突起（□形のビット）が円周上に6ヶ所設置されている。一方ラックはシールド本体のバルクヘッド（隔壁）に設けられ、スポークを回転させる時にバルクヘッド面から回転させるスポークまで押し出す構造になっている。

通常掘進時には、このラックはバルクヘッド面に引き込み、掘削に支障がないようになっており、押し出しは油圧ジャッキにて行ない、支持はその両端に設けてあるガイドにより行うことでスポーク回転時の抵抗力に耐える構造となっている。

2. 3 予備回転機構（ジャッキ式）

スポークを回転させる予備的機構としてラックと同様シールド本体のバルクヘッド（隔壁）に2本一対のスポーク回転用ジャッキが配備されており、それぞれ1回のジャッキ伸長でスポークを60度回転させることが可能である。この機構はラック機構に対するバックアップおよびスポーク回転角度の微調整を行なう場合に使用することを目的とする。図-3 にジャッキ式回転機構を示す。

2. 4 回転作業状況監視システム

ビット交換時には運転操作パネルの運転モードを「通常掘進」から「ビット交換」へ切り替えることにより、上記の機構全体の作動状況はシールド後方台車に設置された運転操作パネルのモニタに表

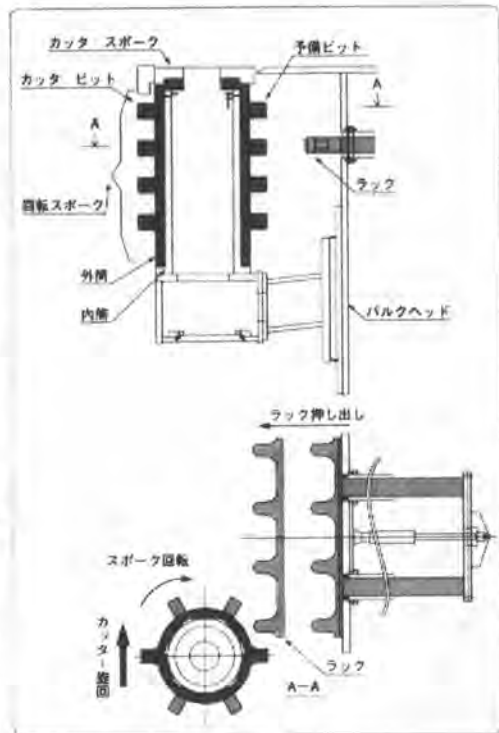


図-2 装置全体の構造

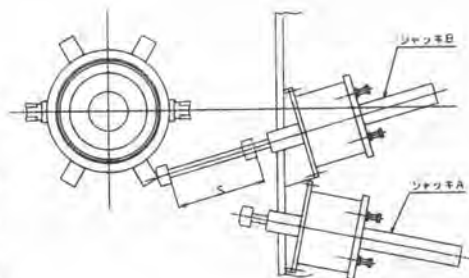


図-3 ジャッキ式回転機構

示され、スポーク回転作業はこのモニタで作動状況を確認しながら運転席で操作するシステムになっている。図-4にモニタ画面を示す。

3. スポーク回転手順

スポークの回転は以下の手順にて実施する。

① カッタヘッド位置合わせ停止

スポークがラックと噛み合う直前の位置までカッタヘッドを回転させ所定の位置で停止させる。この時、カッタヘッドの回転位置はシールド機内ロータリージョイント部で確認することが可能であると共に運転操作盤のモニタに表示される。

② ラック押し出し

ラックを油圧ジャッキにて回転スポーク背面まで押し出す。

③ ロックピン・ロック解除

回転スポークのロックピンのジャッキを縮めて回転スポークの回転準備を行なう。

④ カッタヘッド旋回 (図-5 参照)

カッタヘッドをインチング操作による微速回転で、ラック噛み合い完了まで旋回させる。

⑤ ラック収納

スポークが所定の回転角になった時点でラックを油圧ジャッキにより縮める。

*スポークが所定の回転角を得られなかった場合、および回転の微調整を必要とする場合には引き続き下記の作業を実施する。

⑥ カッタヘッド位置合わせ停止

スポークがジャッキにて回転できる位置までカッタヘッドを回転させ所定の位置で停止させる。この時、カッタヘッドの回転位置はシールド機内ロータリージョイント部で確認することが可能であると共に運転操作盤のモニタに表示される。

⑦ スポーク回転微調整

スポークの回転角度に応じたジャッキを伸長させて、スポークの回転位置を調整する。

⑧ スポーク回転ロック

スポークが所定の回転位置に達すると自動的にロックピンが作用し、スポークがロックされる。



図-4 モニタ画面

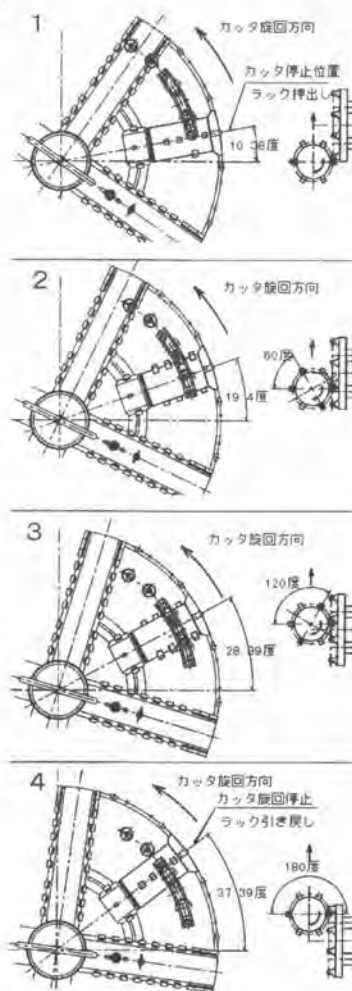


図-5 カッタヘッド旋回

⑨ ジャッキ停止

スポークの回転ロック作用信号を受けてジャッキを停止し、縮める。

以上でスポーク回転によるビット交換作業が完了する。

4. スポーク回転能力および強度の検証

スポーク回転能力および強度について、検討を行ない条件を満足することを確認した。

- ① スポーク回転能力——カッタ駆動電動機 45KW13 台のうち3台使用（ボールチェンジによる低速回転）
- ② ジャッキによるスポーク回転能力——150kN ジャッキ使用
- ③ ロックピン引き抜き力——36.3kN ジャッキ使用
- ④ スポーク本体強度、回転歯車強度、ラック強度等

5. 実機への適用例

上記スポーク回転式カッタビット交換工法を下記シールド工事で採用した。

工事件名：上飯田連絡線瀬古トンネル上飯田工区

事業者：上飯田連絡線株式会社 発注者：日本鉄道建設公団名古屋支社

シールド掘削外径：7.15m シールド形式：泥土圧シールド

施工延長：1,454m

シールド掘進工期：2000年3月～2001年1月（予定）

掘削対象地盤：洪積砂礫層（最大レキ径300mm）

採用理由：全線に亘る洪積砂礫層に対してカッタヘッドにはディスクカッタ、シェルビットを多く配置すると共に、超硬材の硬度が高く耐欠損性にも優れるE3種改良型チップを使用したビットを採用することでビット交換なしの掘進が可能であるとの結論を得たが、掘削対象地盤が硬質の礫・玉石であることからカッタビットが欠損する可能性が大きいと判断し、この工法を採用した。現在、掘進中であり、摩耗の状況によりビット交換を予定している。

6. おわりに

近年のシールド工事の長距離化に伴い、消耗品であるビット材質の耐久性向上と共にビットの機械的交換方法の実用化は長距離施工実現のための有効な手段であると考えられるが、機械的ビット交換のための装備が複雑化し、機械コストの上昇や故障の原因となることは極力回避する必要がある。本工法はスポーク回転のための専用駆動装置ではなくカッタ駆動電動機を利用する等、装備の簡素化を考慮した方法である。今後、多種多様な条件に対応できるよう適切な改良を加えることでさらに適用条件を広げていきたいと考えている。

参考文献：大深度・長距離時代を開拓するシールド工法（クルンシールド機）下水道協会誌 1996.8

超長距離シールド機用カッタビット交換機構の開発 トンネルと地下 1994.1