

4. 無人化ケーソン工法における ケーソン掘削機回収システム

大豊建設(株)：*角田 治郎・松本 正徳
宮下 政樹

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は、地上で構造物を構築し沈設するので地下構造物として品質の信頼性とあらゆる地質に対応できる確実な工法として重要構造物の基礎、都市設備のアクセスシャフト等、広く採用されている。

しかし、施工に関しては、潜函工の不足、高齢化、あるいは大深度化に伴う労働条件の悪化と作業時間の減少による効率低下等、工法として不利な条件があったが、これらの問題を解決するために地上から遠隔操作で作業室内の掘削機を操作して掘削を行う「函内無人化掘削工法」が開発され、高気圧下の厳しい環境である作業室での掘削作業は解消されたが、掘削機の維持管理および沈下掘削完了後の掘削機を回収するため、高気圧下の作業室に入って解体搬出作業を行っている。

本稿では、掘削機の維持管理作業を大気圧下で行い、さらに作業室に入ることなく掘削機を地上からの遠隔操作により大気圧に回収するために開発した掘削機回収システムについて述べる。

2. 掘削機回収システムの概要

掘削機回収システムを開発するに当たっての基本構想は次の通りであった。

- ① 回収操作は、地上操作室より行い、回収に伴う作業は、全て大気圧下で行う。
- ② 掘削機回収専用の穴をスラブに設けない。回収は、土砂搬出のバケット穴を併用する。
- ③ 動力線・信号線は、通電状態で回収する。

掘削機回収システムの主な構成要素は、回収対応掘削機、回収ロック、横行架台、回収架台、遠隔操作室のブロックから構成されている。システムの概要を図-1に示す。

回収作業の手順は、回収対応掘削機が走行レールから横行架台に乗り移り横行レールを移動してマテリアルロックからスラブ下面に下ろされた回収架台に乗り移る。回収架台と掘削機を吊り下げた横行架台は、ロックされ一体型になってクレーンで回収ロック内に引き上げられる。この時掘削機のブームは、

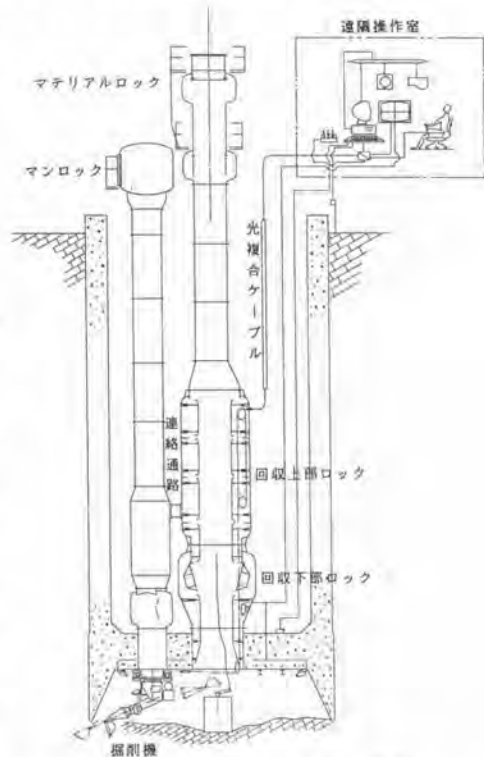


図-1 回収システム概要図

引き上げと同時に降下してほぼ垂直になるまで降下する。回収ロック内に引き上げられたら下部ロックのハッチを閉め、ロック内を減圧する。

以上の工程で回収作業を行うが、回収以外の機能として掘削機の調整・維持管理等、専門技術者が携わる場合にも使用することが可能で調整完了後、再びハッチを開け掘削機を函内に戻すことが出来る。

このように掘削機が回収、あるいは維持管理のために回収ロックまで移動するためには動力線、制御線を通電状態にしておく機能は不可欠で、本システムでは、これらの動力、制御線を回収ロック内から引き出している。

3. 回収システムの構造

掘削機が収納される回収ロックの設置場所は、回収ロックの使用によってケーソンの設計変更を最小限に納めるため、土砂搬出用バケット穴を共用することとし、掘削機の平面寸法の納まりだけバケット穴を拡大することとした。したがって回収ロックとマテリアルロックは、同一軸上に設置され場所をとらず、回収ロックは通常の土砂搬出作業においてマテリアルシャフトとしての機能をはたしている。

この回収ロックは、スラブの直上に設置されるのでシャフトの継ぎ足し等の艱装変えに取り外す必要もなくボトムハッチとしての機能も備えている。

3. 1 回収ロック

回収ロック本体は、上部ロックと下部ロックに分割し、下部ロックは、ハッチを備えアンカーロックとしての機能をもたした。上部ロックは、掘削機が回収収納できる空間と3段のフロアを備え、保守点検ができるようにしている。

上部ロックの中には、動力線と制御線を一体化した複合ケーブルが巻き込まれている巻取り装置が組み込み、この端末を掘削機に接続している。

掘削機が回収ロックから作業室に降下するときは、巻取り装置から複合ケーブルが引き出され、ロック内に回収する時はケーブルを巻取りながら回収される。この巻取り装置を備えているため掘削機はつねに通電状態にあるので、作業室から引き上げる時、ブームを降下させるなどの動作を可能とする

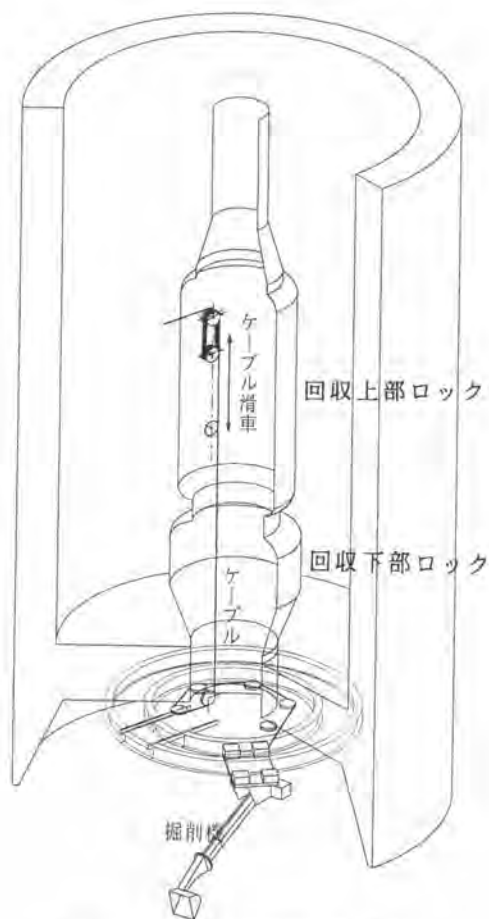


図-2 ケーブル引出し状態図

ことができた。巻取り装置とケーブルの引き出し状態を図-2に示す。

また回収ロック内は、土砂バケットと掘削機が昇降するのでそれぞれの平面形状に合わせたガイドを設けている。このガイドは、可動式で上部ロックは手動式、ハッチを備えた下部ロックは、圧気の状態であるので操作室から遠隔操作するようにした。可動ガイドの状態を図-3に示す。

掘削機の維持管理、可動型ガイドの操作、回収架台のセットなど大気圧状態の回収ロックに入る方法としてマテリアルロックから降りる方法がある。しかし土砂バケット専用設計されたロックのトラップでは安全ではない。作業者の安全を確保するためにマンシャフトと回収ロックの間に連絡通路を設け安全に対して充分配慮した。

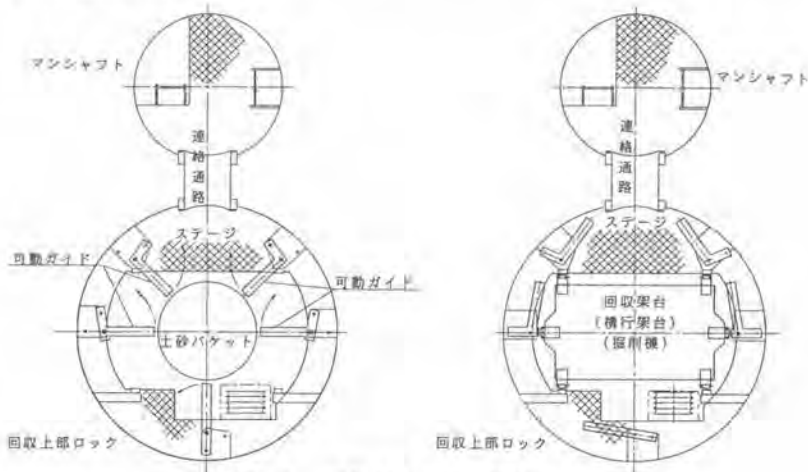


図-3 可動ガイドの状態図

3.2 回収対応掘削機

掘削機の設計に当たって留意したことは、

- ① 平面形状が $\phi 2000$ mmのスラブ開口部に入ること。
- ② 回収時に動力線が活線状態であること。
- ③ 掘削機のブームがほぼ垂直まで降ろせること。
- ④ 掘削機の走行部に横行装置を組込むこと。

上記の4項目について検討を行い、回収対応型掘削機の設計が可能であることを確認し、各項目について基礎的な確認実験を行いながら細部の設計を行った。

平面的なおさまりは、掘削機の走行体および運転席と油圧ユニットが問題とされたが、運転席は、遠隔操作を行うので不要となり、また従来の掘削機走行体の幅を縮小し、油圧ユニットを容量を変えことなく限界内の寸法に納めることで解決した。掘削機のブームも $\phi 2000$ mm内に納めるため、掘削時と回収時の2種の接点を備えた起伏シリンダの採用によりほぼ垂直に降下させることが可能となった。

掘削機の通常作業時は、走行レール上に位置しているが、回収時はスラブ開口部まで移動しなければならない。そのために掘削機の走行体に横行移動するためのスプロケット回転装置を設けることと、走行油圧モータの油圧を遠隔操作により切換える機構にした。

以上述べたように回収時は、自らの動力と遠隔操作室から送られる制御信号が必要で、常に活線状態にしておく必要がある。このために回収ロック内に巻き取り装置を設け、図-2の通り配線することによって作業室内の走行をはじめ、開口部への横行、巻上げて回収ロック内にケーブルも回収する事が可能となった。

3.3 横行架台および回収架台

横行架台は、走行レールの一部を切断し横行レールに車輪によって吊されている。この部分に乗移った掘削機は、掘削機走行体に設置されたスプロケット回転装置により自らの動力でスラブ開口部に着底している回収架台に乗移る。

回収架台は、マテリアルロックから立てた状態でクレーンで回収ロック内に降ろし水平にしてガイドローラをとりつける。ロック内を圧気し、回収架台をスラブ下部に着底させ横行架台の乗り移りを待つ。この状態を図-4に示す。

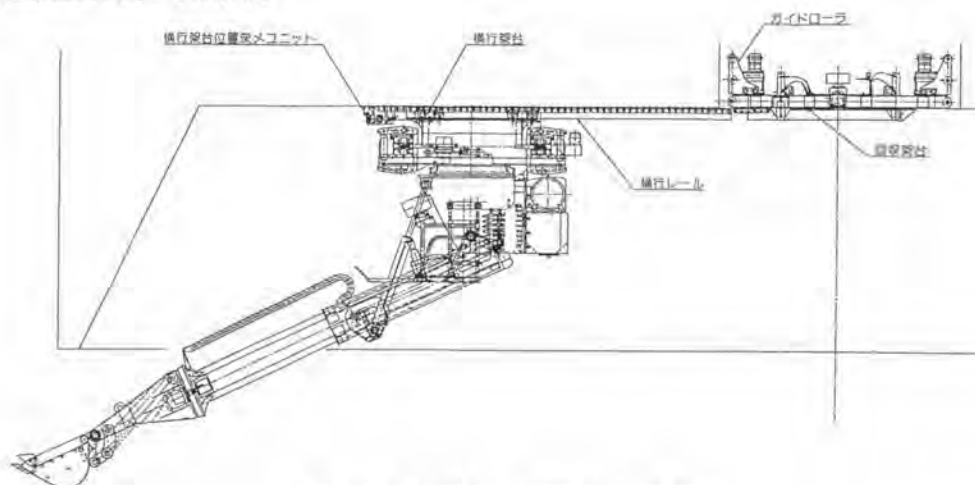


図-4 横行架台、回収架台の関係図

4. 実施工への適用事例

本システムは、東京都下水道局発注の下水道シールド立坑として採用され、ハッチを備えた回収下部ロックをアンカーロックとして使用し掘削機を解体することなく作業室に設置することができた。回収上部ロックは、5ロット構築後に設置し12ロット（GL-47.2m）掘削完了後、マテリアルロックシャフトを撤去して回収ロック内から掘削機を地上に回収した。今回の沈下完了時の函内圧は、3.5 kg/cm²で、従来の方法により解体搬出するとおむね1週間掛かるが、今回の回収システムによる回収作業は、作業員が高気圧内に入る事なく約半日で搬出を完了した。

5. おわりに

従来の無人化ケーソン工法では、沈下完了時に高気圧下の作業室に入って掘削機の解体をする必要があったが、回収システムの開発によりこの問題点は解消され、高気圧下の作業から作業員を開放することができた。本システムは、回収時の作業をテレビカメラを通して動作を確認しているが、今後センサ等の使用により自動化が図られるであろう。