

38. 無人掘削機、回収システムによる ニューマチックケーソンの施工

佐藤工業(株)：佐藤 勝男
大豊建設(株)：後藤 哲男・*安藤 祐二

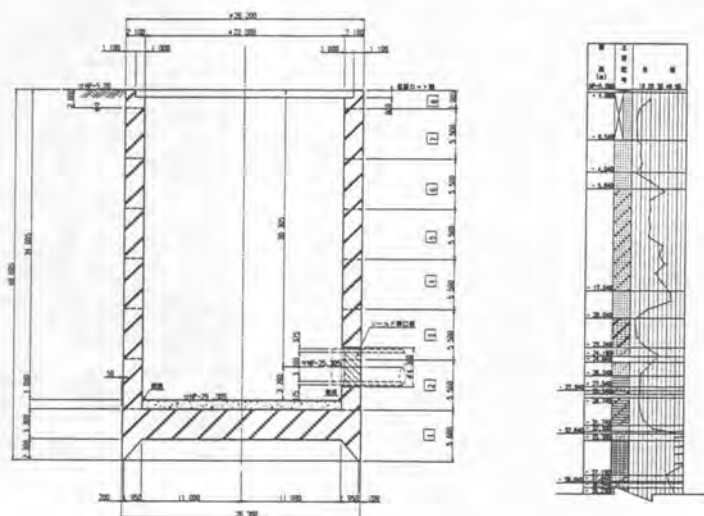
1、はじめに

今回中部電力新名古屋火力発電所において、燃料となる液化天然ガス(LNG)のパイプラインとしてのガス導管用シールド工事が発注され、その発進立坑工事を回収システムを装備した大豊式ニューマチックケーソン無人化工法により施工した。

発進立坑の形状は、
外径はφ26.3mの

円形(断面積：543㎡)、深さが40.6mである。

また地質は、地表下25.0m迄は砂、地表下37.0m迄は粘土と砂の互層、地表下37.0m以下は固結シルトであった。断面図及び柱状図は、図-1による。



(図-1) 断面図及び柱状図

このDREM工法は、ケーソンの沈下掘削を大気圧下の地上遠隔操作室から、ケーソン作業室スラブに懸架した無人掘削機(DREM機)をマルチウィンドモニターに映し出された映像により遠隔操作で掘削施工する工法である。(写真-1)

また掘削機回収システムにより沈下掘削完了後のDREM機回収作業も、作業員が高気圧下に入ることなく、遠隔操作により自走させ、回収ロック内に回収することが出来るシステムである。



(写真-1) 遠隔操作状況

2、採用の経緯

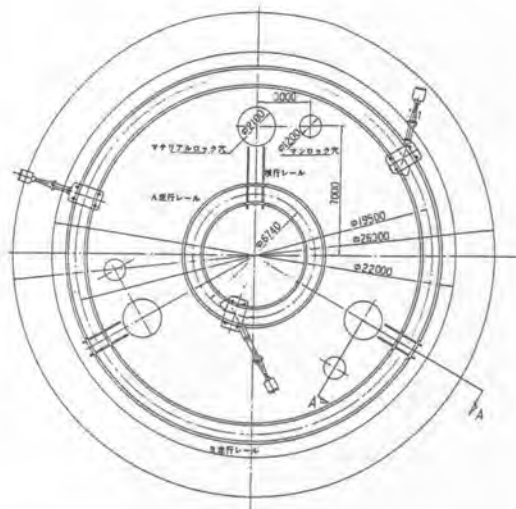
今回の発進立坑は、大深度・大断面のニューマチックケーソンであり、最終圧気圧力は、 3.0 kgf/cm^2 以上と非常に高くなるため、従来の有人施工では沈下掘削が進むほど作業時間は短く、減圧時間は長くなり、それに伴い潜函病の発生率も高くなる。さらに、従来は函内掘削機撤去作業時に、最高の圧気圧力での作業となり、高気圧下の厳しい環境での作業を強いられると共に、工程面においても非常に時間がかかっていた。

これらの問題点を解決するために、作業を遠隔操作で行うことのできるDREM工法及び掘削機回収システムが採用されたものである。また、大断面掘削のため今回初めて3台のDREM掘削機を投入したことから、さらに掘削機同士の接触、衝突を回避するために接触防止システムを導入した。

3、工法の概要

今回のDREM工法は、 543 m^2 と非常に大きな断面であるため、掘削機を内周に1台、外周に2台という形態で合計3台を配置して施工を行った。(図-2)

遠隔操作は、掘削機に固定式搭載カメラ各1台(3台)、作業室スラブ中央に2台、外周の壁面に3台の可動式ズームカメラ、シャフト内直上には固定式カメラ各1台(3台)また、回収時に使用するために、回収ロック内にも固定式カメラ各1台(3台)の計14台のテレビカメラによりマルチウィンドー用の大型モニターと、直上カメラ専用の中型モニターに写された映像により掘削を行った。



(図-2) 掘削機配置図



(写真-2) 遠隔操作による掘削状況

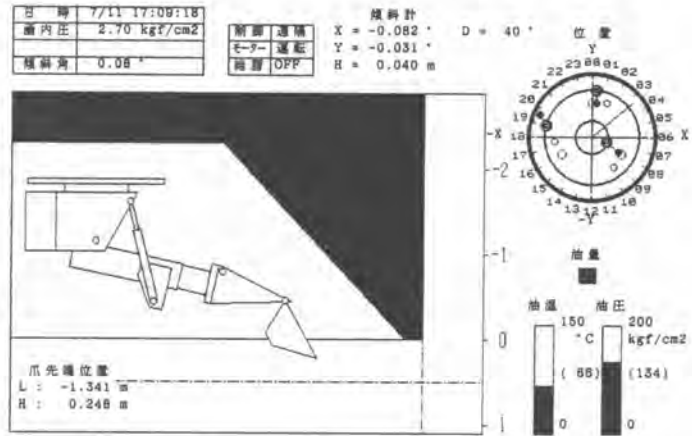
さらに、安全面では掘削機姿勢制御システムと掘削機接触防止システムの導入により安全、円滑な掘削作業が可能となった。

(1) 掘削機姿勢制御システム

パソコンのCRTモニターには、自機と他の2機の位置、ブームの旋回方向、最大傾斜方向が表示される平面図の他、姿勢表示として、自機を側面から見たグラフィックが表示される。(図-3)

これは、実機のブーム上下・伸縮、バケットの開閉、旋回動作を連動表示するので、旋回動作に関しては、

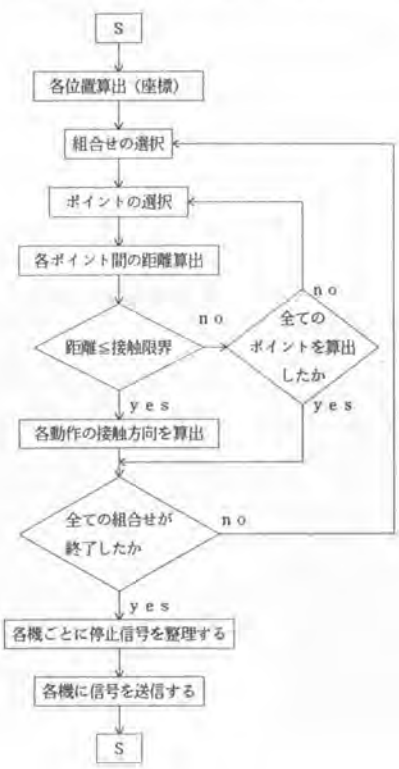
旋回移動により自動的に刃口壁が画面に表示され、刃口と掘削機のバケット爪先との相対位置が確認できる。さらに、刃口下の掘削の余掘り長が規定(0.5m)を越えるとブザーを鳴らす機能も備えている。



(図-3) CRTモニター表示

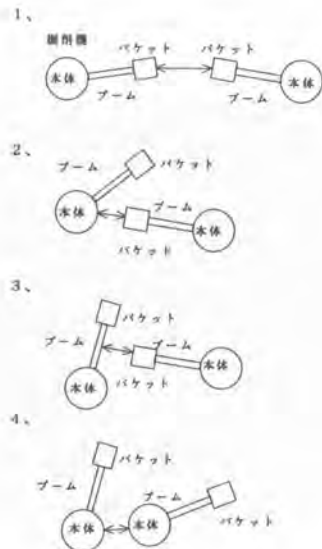
(2) 掘削機接触防止システム

接触防止システムフローチャート



今回ケーソン内に3台の掘削機を投入することにより、掘削機同士が接触、衝突を起こすことが想定される。そこで衝突を回避するために、接触防止システムを設置した。

※ポイント間距離種類と処理順番



接触防止システムは、各掘削機に接触限界範囲を設定し、掘削機相互の位置関係を常に測定し掘削機間が接触限界範囲内に接近すれば接触する方向への動作を停止させ、接触・衝突を防ぐものである。

このシステムは、接触防止制御用に設置したコントローラーに各掘削機の位置データーを送り、各掘削機の走行体、ブーム、バケットの平面座標を算出し、掘削機間の距離が設定した値以下になると、接触方向への動作を割り出し、掘削機に接触する方向への動作停止のデーターを送る形となっている。このデーターを受け取った掘削機は接触方向への動作を停止すると共に警報によりオペレーターに知らせる。警報を受けたオペレーターは、どちらか一方でも接触を回避する方向へ動作させ接近限界範囲外に移動することにより掘削機は再び自由に動作できる。

（３）掘削機回収システム

このシステムは、掘削機をケーソン作業室スラブに敷設された走行レールから横行レールを自走してマテリアル開口部に降ろされた回収架台へ乗り移した後、マテリアルシャフトの下部に設置された回収ロック内につり上げ回収するものである。（写真－３）

また掘削機が回収架台へ乗り移るには、走行・横行・アーム下げといった動作を遠隔操作により行うことが必要となるため、動力・信号ケーブルを回収ロック内から給電する方式をとっている。このケーブルは、動力線・信号線を１本に束ねた特殊な複合ケーブルを使用している。

回収ロック内の複合ケーブルは、多重滑車により掘削機の走行範囲を追従出来る長さを収納しており、動滑車の上下動によりケーブルの繰り出し量が調整される。

また、複合ケーブルは、ケーブルの張力により作業室スラブに設置された水平滑車に巻き付いて掘削機に追従して行く。

回収手順は、以下の通りである。

<回収手順> 施工順序図参照（図－４）

※ 沈下掘削完了

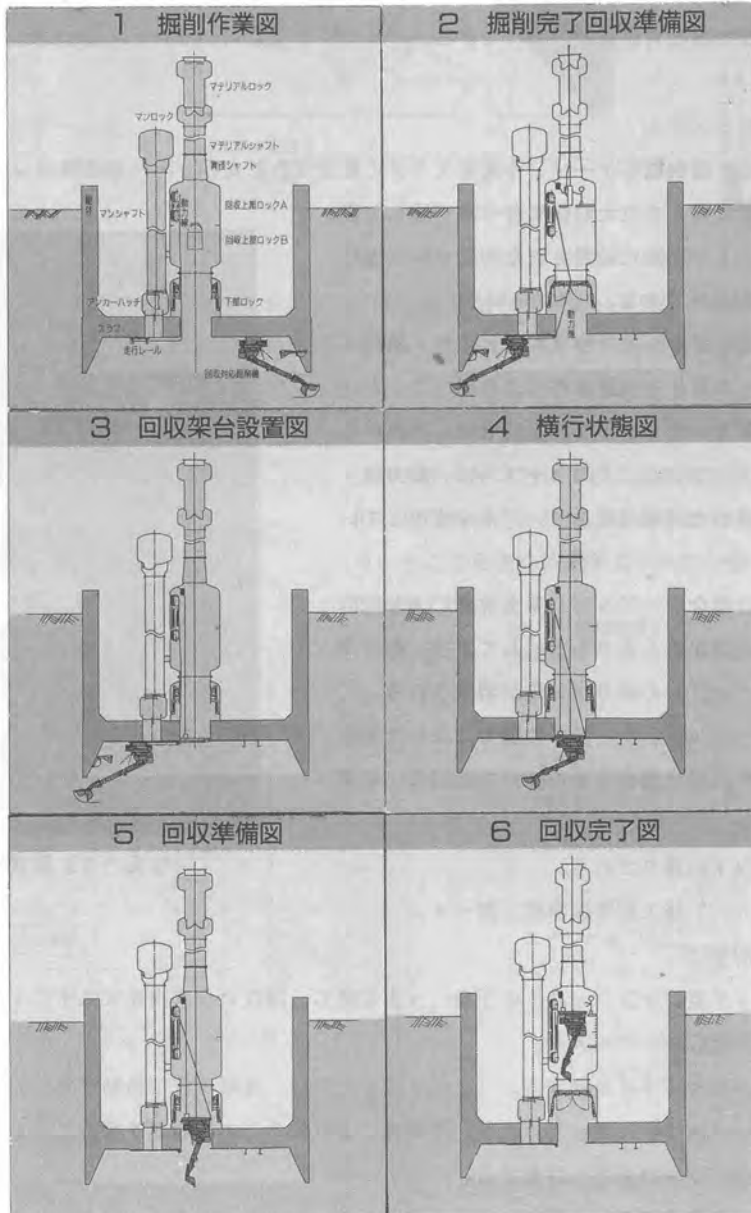
〔順序図－１〕

- ① 回収ロック及びマンシャフトの下部ハッチを閉じ、回収ロック内を大気圧にする。
- ② 作業員が回収ロックへ入る。
- ③ バケット用ガイドを格納する。（圧気下のガイドは、遠隔操作で格納する。）
- ④ 回収ロック内に回収架台を投入し、作業員により組み立て・設置を行う。〔順序図－２〕
- ⑤ 作業員は、マンロックへ移動する。
- ⑥ 回収ロック内を圧気し、下部ロックを開ける。
- ⑦ 回収架台を作業室に降ろす。〔順序図－３〕



（写真－３）回収状況

- ⑧ 掘削機を回収架台下に横行させ、固定する。 [順序図-4]
- ⑨ 回収架台を吊り上げる。(この際、吊り上げに伴って掘削機のブームを遠隔操作により下げていく。) [順序図-5]
- ⑩ 掘削機を回収ロック内まで吊り上げたら、下部ロックを閉じ、回収ロック内を大気圧にする。
- ⑪ 作業員が回収ロック内に入り、据付部をセットして掘削機を据え付ける。 [順序図-6]
- ⑫ 機装撤去時に回収ロック内の掘削機を搬出する。



(図-4) 施工順序図

5、施工実績

今回の施工において沈下掘削は、21,000㎡と、この工法として最大の土量を掘削した。

N値50以上の固結シルト層の掘削においては、この掘削機の能力の限界に近い状態になり、出力不足バケットの変形等が見られたが重大な故障もなく、3台を効率良く使用でき掘削を完了させることができた。

ケーソン沈下完了時の深度は、GL-40.6mで作業室での気圧は3.25kgf/cm²であり、この圧力下では、従来通りに作業員が入函して掘削機の解体、搬出作業を行った場合、函内実作業時間は1日当たり2時間弱しかなく、すべてを搬出し終えるまで2週間前後かかる。しかし掘削機回収システムにより回収架台搬入から掘削機回収まで二日で終了した。

この実績により、掘削機回収作業における函内無人化は言うまでもなく、作業工程を大幅に短縮することができた。

6、おわりに

DREM工法及び掘削機回収システムの採用により、大深度・大断面のニューマチックケーソンを、無人で沈下させることができた。今回の実績から、周辺への影響を最小限にして安全確実な沈下が可能なことが確認できケーソン工法の適用性がさらに広がったものと考えている。

本立坑工事の施工にあたり、中部電力（株）新名古屋火力建設所の関係者各位の皆様方のご指導、ご協力に感謝の意を表します。