

37. 自動化ケーソン工法の開発

鹿島建設(株)：中川 幹雄・*河本 克正
(株)白石：佐久間敏夫

1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は、作業室内に圧縮空気を満たし地下水を排除して作業を行うため、施工上次の様な問題を持っている。

- ・安全衛生規則等の規定から、作業気圧が高くなるほど作業時間が少なくなる。
- ・作業環境が悪い（高気圧、高湿度）。

一方この工法は、連壁工法、オープンケーソン工法等には無い多くの利点を持っているため、これまでも数多くの重要構造物の基礎や地下構造物の建設に利用されてきた。

近年は特に、ジオフロント（地下空間）の開発が脚光を浴びはじめ、地下構造物はますます大型化・大深度化する傾向にある。こういったニーズに答え、ニューマチックケーソンの適用分野をさらに拡大してゆくためには、この工法がかかえる問題を解決する必要がある。

そこで前記の問題を解決するために、圧縮空気が満たされた作業室内での人間の作業を無くし、ニューマチックケーソン工事を地上からコントロールできる本工法を開発した。

2. 自動化ケーソン工法開発の経緯

本工法の概念図を図-1に、圧気作業室内の機械設備の配置図を図-2に示す。この工法の基本コンセプトは「地上に管理制御室を設置し、ここにケーソンの掘削・沈設作業に必要な情報を集中し、オペレーターはこれらのデータをリアルタイムに施工にフィードバックしながら、作業室監視用モニターテレビ等を利用して、掘削機等を地上から遠隔操作する」ということである。

しかし、モニターテレビの画像だけで掘削機を遠隔操作しようとする、視界が狭く、得られる情報に限界があることから、操作性、施工性が低下すると考えて次のシステムを付加した。

- (1) 自動積込装置の採用
- (2) 掘削機の自動運転
- (3) 掘削機の位置・姿勢のモニター
- (4) ケーソン刃口付近の地盤の計測・表示
- (5) その他の情報（沈設管理システム）

3. 各システムの概要

(1) 自動積込装置の採用

自動積込装置は、ベルト式フィーダの上に掘削した土砂を一時仮置きし、排土バケットが戻ってきた時点で一気に積込む装置で、ベルト式フィーダを昇降・走行させる構造である。

(2) 掘削機の自動運転

掘削作業は地盤の硬軟、土質等の変化に対応する必要があるため手動で遠隔操作するが、土砂積込動作はオペレーターの判断が不要な単純繰り返し動作であるため、自動運転することとした。自動運転の制御はシーケンス制御で行い、ボタン1つでスタートする(図-3)。

(3) 掘削機の位置・姿勢をモニター

テレビカメラからの情報だけでは、掘削場所、掘削機の位置・姿勢の判断がむづかしく、掘削効率が低下し、また他の機器との衝突の危険性が増大すると考えて、ケーソン躯体と掘削機の関係の側面図と平面図で3次的に、しかもリアルタイムに表示した(図-4)。

(4) ケーソン刃口付近の地盤の計測・表示

ケーソンは刃口付近を均一に掘削することが姿勢制御の基本となるため、その掘削状況を把握することが施工管理上重要である。そこで、ケーソン刃口部の地盤の状態を計測・表示した。

(図-5)

(5) 沈設管理システム

ケーソンの傾き、沈下量、作業室の気圧、刃口反力および周辺環境へ与える影響等をリアルタイムに計測し管理制御室に表示した。

(図-6)

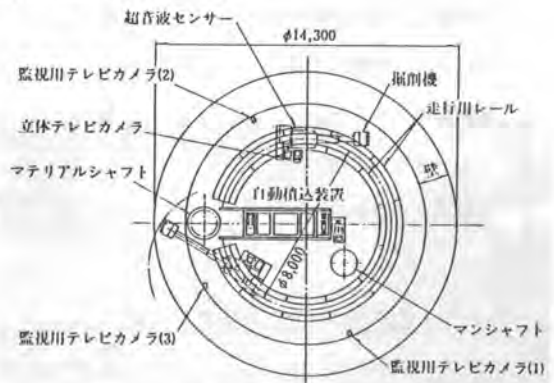


図-2 圧気作業室内 機械設備配置図

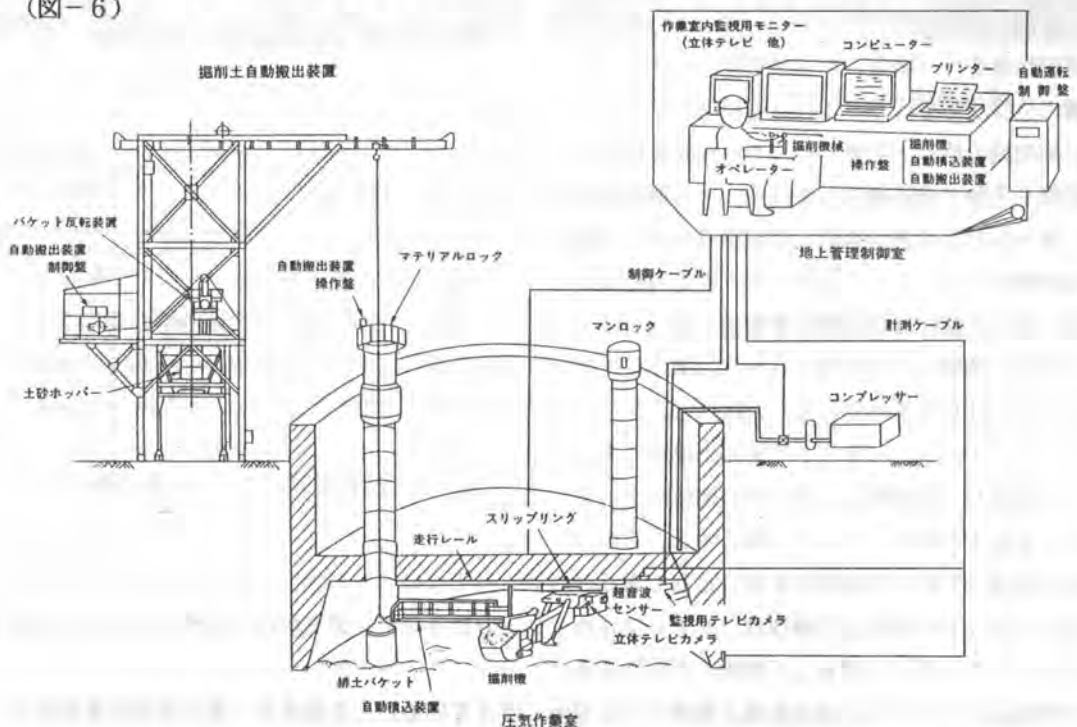


図-1 自動化ケーソン工法 概念図

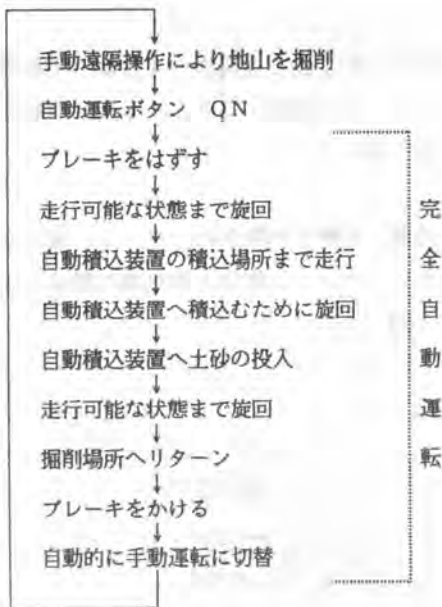


図-3 掘削機 自動運転フロー図

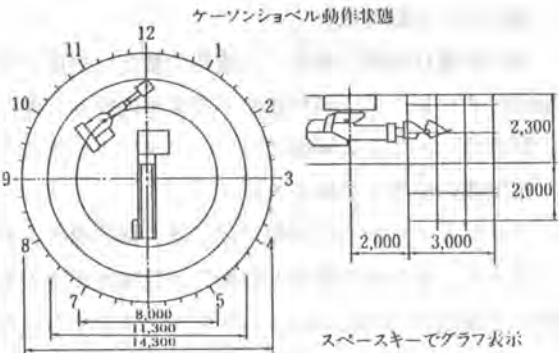


図-4 掘削機の位置・姿勢 モニター画面

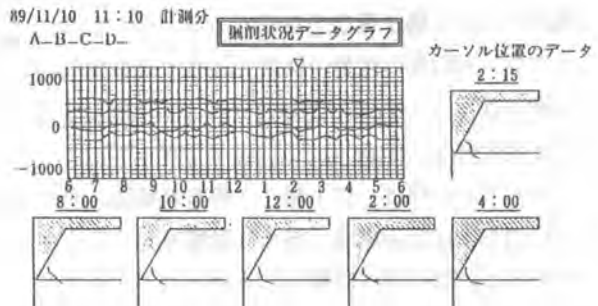


図-5 刃口部掘削状況 表示画面

4. 掘削・沈設作業

掘削作業を行う場合、まず掘削場所を決め、掘削機の位置決めを行う。これは監視用テレビカメラと掘削機の位置・姿勢のモニター画面を利用し、掘削機を手動で遠隔操作して行う。次に掘削作業は立体テレビカメラで地盤の状況を見ながら手動で遠隔操作する。そして掘削した土砂を自動積込装置に積込む操作は自動運転を使用する。

自動積込装置は、掘削機で4～5回積込むとほぼ1 m³の土砂をストックしたことになる。そこで、オペレーターは排土バケットが所定の場所にあることを確認し、自動積込装置の自動運転ボタンを押して掘削土を排土バケットへ投入する。この自動積込装置は手動で遠隔操作することもできる。

排土バケットの巻き上げ操作は、マテリアルロック上のロックテンダーが行うため、オペレーターはこのロックテンダーへ巻き上げ開始の合図を送る。

その後、オペレーターは自動積込装置が元の場所に戻っていることを確認し、再び掘削作業を行う。この作業を繰り返すことで作業室内の地盤を掘削し、ケーソンを沈下させていく。

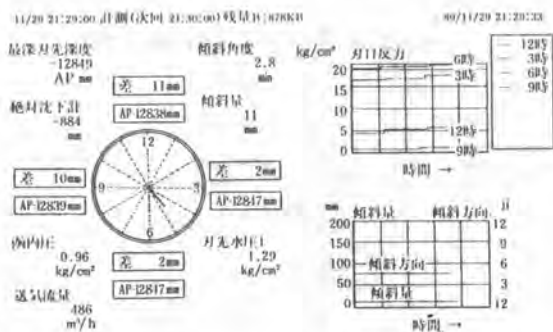


図-6 沈設管理システム 表示画面

5. 本工法の施工実績と評価

本工法は既にシールド発進用立坑2基に適用され良好な成果をあげて施工を完了している。写真-1は地上管理制御室での操作状況、写真-2は圧気作業室内の機械設備である。

実工事での適用結果から本工法の評価は次の様にまとめられる。

- ①地上の大気圧下での作業であるため、掘削深度に関係なく一定の掘削効率を確保できる。
- ②圧気作業室内での作業が大幅に削減されるため、作業環境が改善され、安全性が向上する。
- ③自動運転の採用でオペレーターの負担が軽減され、複雑な操作も安全・確実に行える。
- ④計測情報をリアルタイムに施工にフィードバックできるため、精度良く安全な施工が可能になる。



写真-1 地上管理制御室内 操作状況



写真-2 圧気作業室内 機械設備

6. むすび

今回開発したシステムは、掘削機1台で施工可能な規模のケーソンを対象にしたものである。この規模のケーソンでは、監視用TVの高品質化と、計測管理システムを利用した情報化施工により、地上からの遠隔操作技術はさらに向上すると考えられる。

しかし、掘削機が複数台必要な中～大規模ケーソンの施工では、作業室内の監視方法をさらに検討し、掘削機相互の衝突、掘削場所の判断方法等の問題を解決してゆく必要がある。

ニューマチックケーソン工法の特徴を最大限に生かしつつ、この工法の適用分野をさらに拡大するために、引続き完全自動化・ロボット化をめざして研究開発に取り組む予定である。

<参考文献>

- 1) 佐久間敏夫、河本克正：自動化ケーソン工法、基礎工、Vol.18, No.2, 1990
- 2) 原田光男、河本克正、佐久間敏夫：Ground-Level Remote Control System for Pneumatic Caisson, 7th I. S. A. R. C. 論文集、1990. 6
- 3) 浦沢義彦、中川幹雄、河本克正、佐久間敏夫：ニューマチックケーソン工法における地上遠隔操作システムについて、第1回建設ロボットシンポジウム論文集、1990. 6