

# 技術開発賞受賞の紹介 自動化ケーソン工法の開発

## DEVELOPMENT OF AN UNMANNED SEMI-AUTOMATED AND REMOTE CONTROLLED EXCAVATION METHOD FOR PNEUMATIC CAISSONS

中川幹雄\*・河本克正\*\*・今川 勉\*\*\*・  
佐久間敏夫\*\*\*\*・加藤幸雄\*\*\*\*\*

Mikio NAKAGAWA, Katsumasa KAWAMOTO,  
Tutomu IMAGAWA, Toshio SAKUMA and Yukio KATO

- \* 正会員 鹿島建設(株) 建設総事業本部土木技術本部技術部次長  
(〒107 港区元赤坂1-2-7)
- \*\* 正会員 鹿島建設(株)大阪支店阪奈トンネル生駒JV工事事務所工  
事課長
- \*\*\* 正会員 鹿島建設(株) 建設総事業本部機械部機械課長
- \*\*\*\* 正会員 (株)白石機械事業部長
- \*\*\*\*\* 正会員 (株)白石機械事業部主任

**Key Words:** pneumatic caisson, unmanned working chamber,  
unmanned excavation, remote control, working environment

### 1. はじめに

ニューマチックケーソン工法は、信頼性が高い地下構造物築造工法として長い歴史を持ち、近年では、大型および大深度の橋梁基礎、シールドトンネルの立坑等を中心に幅広く採用されている。

しかし、同工法の掘削作業は、「密閉された高気圧作業室内における重作業」となり、作業環境としては望ましい状況といえない。近年、作業環境の問題は、ますます重要視され、さらに、作業員の高齢化、減少および3K問題等の社会的な背景もあり、同工法の作業環境の改善は急務といえた。

ニューマチックケーソン工法の特長を生かしたまま、これらの問題を抜本的に解決するには、「高気圧下における掘削作業」を無くすことであり、本工法の開発理念もそこにあった。すなわち、作業員が高気圧下の作業室内で行っていた掘削作業を、地上の管理制御室から遠隔操作で行い、作業室内を無人化することである。

また、経済性の面でも実用的な工法とするため、本工法の掘削、排土能率を在来工法以下としない必要があり、そのための設備として自動積込装置を開発した。さらに、本工法では、大気圧下の作業となるため、高気圧作業安全衛生規則による作業時間の制約が適用されず、沈設深度の深いケーソンでは、在来工法より掘削能率が向上するという派生的な効果も確認された。

このように、本工法は、在来のニューマチックケーソン工法に内在する様々な問題を解決する技術として、その実用化が望まれていた。

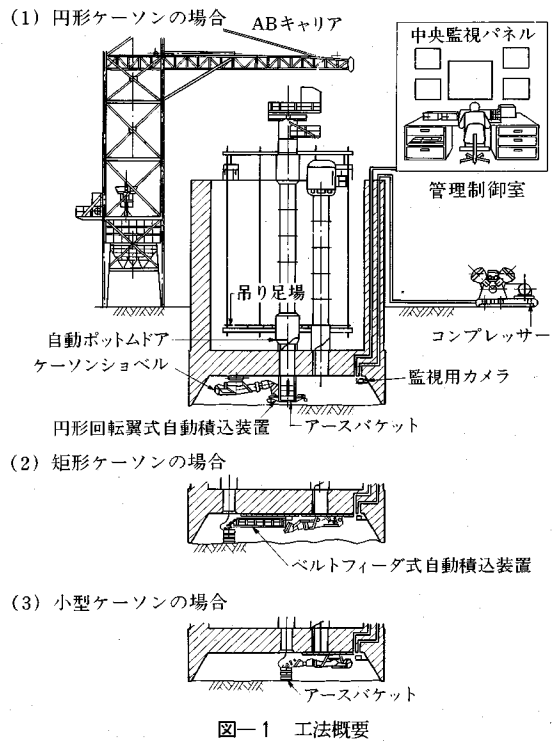


図-1 工法概要

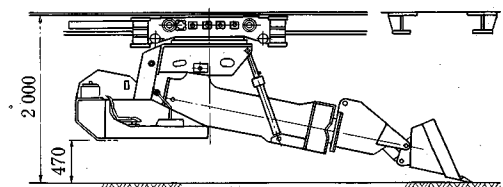


図-2 ケーソンショベル

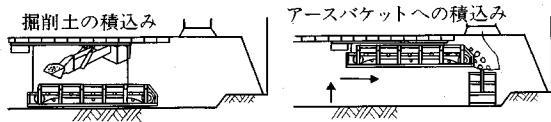


図-3 ベルトフィーダ式自動積込装置

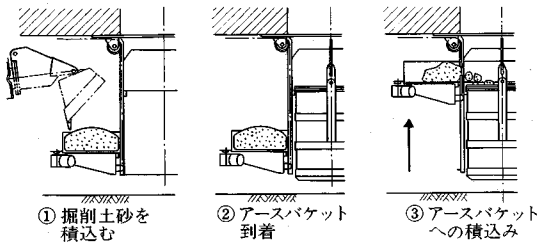


図-4 円形回転翼式自動積込装置

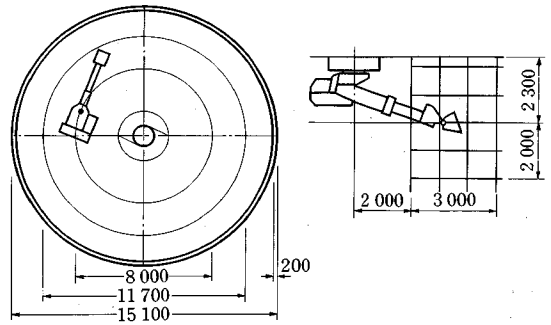


図-5 ショベル動作表示 (表示例)

## 2. 工法の概要

### (1) 掘削・排土方法 (図-1 参照)

作業室内に掘削・積み込み作業を行うケーソンショベル (図-2 参照) そして、掘削土をアースバケット (以下バケットという) に積み込む自動積込装置を設備する (図-3, 4 参照)。

自動積込装置は、バケットが排土作業中に掘削土を仮置きし、排土を終えて作業室内に戻ったバケットに短時間で土砂を積み換える装置で排土能率の向上を達成した。

ケーソンショベルは、管理制御室からの遠隔操作 (遠隔操縦・自動運転) により、掘削、自動積込装置への積み込み作業を行う。また、単純繰り返し動作となる積み込み作業は、自動運転が可能であり、オペレーターの誤操作を防止し、疲労低減に寄与している。

排土は、バケットを利用し、巻上げ・横行が可能な専用排土装置により行う。バケットがマテリアルロックを出て、土砂ホッパーに排土し、再びマテリアルロック内に納まるまでの動作は自動運転により行い、省力化を達成している。

### (2) 施工支援システム

遠隔操作による掘削では、オペレーターが、作業室内の状況およびケーソンの状態を的確に判断することが、安全性および作業能率を左右する重要な要素となる。本工法では、作業室内およびケーソンショベルに取付けたテレビカメラの映像により、掘削位置周辺の情報を得ることができるが、さらに定量的なデータを得るため以下の施工支援システムを開発した。

#### a) 掘削機の位置・姿勢モニター

作業中のケーソンショベルをリアルタイムでCRT上にグラフィック表示し、その位置、姿勢、掘削場所を正

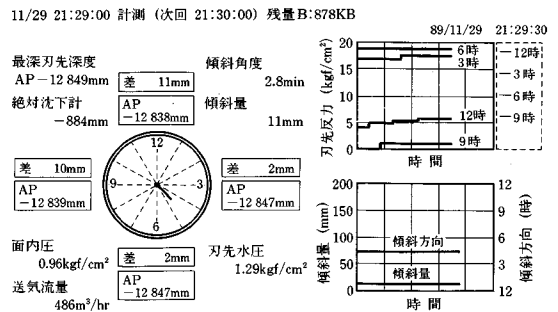


図-6 沈下管理システム (表示例)

確に把握できるようにした (図-5 参照)。

#### b) 沈下管理システム

沈設作業を正確かつ安全に行うためにケーソンの沈下状況 (沈下量、傾斜量、函内気圧、刃口反力等)、周辺地盤への影響をリアルタイムで計測し表示した (図-6 参照)。

## 3. 特徴と効果

- ① 地上の管理制御室内で、すべての作業ができるため、作業環境は大気圧下となる。したがって減圧症の発生が無くなり、安全性の向上が図れる。
- ② 作業室内に配置した機械設備は、1人のオペレーターで操作が可能であり、掘削作業の省人化が図れる。
- ③ 施工支援システムは、掘削、沈下管理に必要な情報をオペレーターおよび施工管理者に、リアルタイムに提供するため施工管理が容易になり、さらに沈設精度が向上する。
- ④ 自動積込装置には、円形回転翼式とベルトフィーダ式の2機種あり、ケーソンの形状により適したものを選択できる。したがって本システムは、ほとんどのケーソンに適用でき、汎用性の高い工法といえる。
- ⑤ ケーソンショベルの積み込み作業と、自動積込装置

の動作は自動運転が可能で、オペレータの疲労低減が図れる。

#### 4. 施工実績

平成5年度までの本工法の施工実績を次に示す。

No	発注者	工事名	平面積 m <sup>2</sup>
①	東京電力	富津—袖浦間ガス導管新設工事	158.4
②	"	"	167.4
③	"	晴海通り管路新設工事	102.3
④	"	姉崎—千葉間ガス導管新設工事	179.1

上記実績の主な内容を次に示す。

No	主な土質	沈下量 (m)	掘削量 (m <sup>3</sup> )	最終気圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	自動積込装置
①	砂質土	24.059	3864	2.2	ベルトフィーダ
②	粘性土	28.077	4765	1.9	ベルトフィーダ
③	砂質土	36.045	3688	3.1	無
④	砂質土	44.028	7884	3.1	円形回転翼

#### 5. おわりに

ニューマチックケーソン工法は、周囲の環境に対する影響が比較的小さい工法である。しかし、施工時に高気圧作業をとめない衛生、安全面の制約により、施工深度に限界があった。本工法の実用化は、衛生、安全環境の改善はもとより、従来限界とされた深度を越えられることにも意義がある。来るべき21世紀に向け、地下構造物はますます大型化、大深度化が進むものと予想されるが、これらの時代の要請に本工法が貢献できることを願う次第である。

最後に、技術開発受賞の栄誉は、開発にあたり深い理解を示され情熱的なご支援、ご協力を頂いた多くの方々と共に分かち合ふものと受けとめ、加えて関係各位に深く御礼申し上げます。

(1994.7.6 受付)