

## 32. ニューマチックケーソン無人化工法

大豊建設(株)：阿部昭十郎・\*角田 治郎

### 1. まえがき

ニューマチックケーソン工法は、地下構造物として品質の信頼性と、多くの地質に対応出来る確実な工法としてそのシェアは再び広がりつつある。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る。

こうした情勢のなか、1977年より開発に取り組んでいたニューマチックケーソンの「遠隔操作による無人化掘削工法」が完成し、1989年1月～3月まで、日本道路公団発注の阿賀野川橋梁で試験施工を行い、所定の成果を確認、今回NTT発注の日本通信建設(株)の現場で実用化に成功した。本報では、この工法の開発の経緯と結果について述べる。

### 2. 開発の基本構想と経緯

地上のオペレーターは、函内の掘削機を遠隔操作するに当たり、まず函内の状況を適確に把握しなければならない。従って函内の状態をあらゆる方向から見れる映像が必要である。またオペレーターは搭乗運転をしている感覚と同じ操作感覚で遠隔操作が出来る事が重要である。更に掘削機の位置、ブームの向き、機械の状況等の情報をオペレーターに見やすく提供することを開発の基本とした。

#### 2-1 映像

遠隔操作における映像情報は、操作判断に対し最も重要な要素である。この映像について種々の基礎実験を行ない、以下述べる様な結果が得られた。

立体表示方式について、現在市販されている偏光式、時分割式はいずれも眼鏡式で、立体感は認識されるものの画像が鮮明でない。またメガネの長時間使用は前頭部に痛みを伴う圧迫感と疲労感を伴うなど好ましい結果は得られなかった。平面画像は、カメラの選定、作業室内の照度を160Lx以上にするなどの処置によりその画像はシャープにする事が可能であった。この画像によって掘削操作を行った結果、オペレーターは、掘削時の距離感を判断する事が可能であった。以上平面、立体映像の両方式について基礎実験を行ったが、作業半径内程度であれば平面画像で充分であると判断した。

テレビ画像は、掘削機に搭載されたカメラ1、バケット穴直上のカメラ1、監視カメラ3の計5画面を必要に応じて引出せる4分割のマルチウインドモニター方式を取入れた。(第1図)この採用により一台のモニターで視線を移す事もなく複数の映像情報を得る事が出来る。この方法は、オペレーターの疲労を軽減する事が可能であると考えられる。なおバケット穴直上よりの映像は積込作業に三次元の情報を提供するものであり、非常に効果的な映像であった。

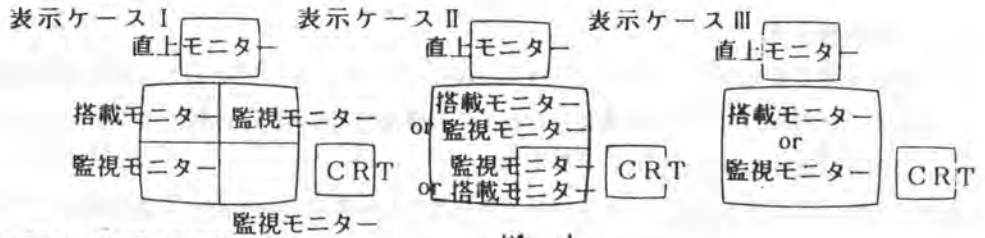


図 - 1

2-2 グラフィックディスプレイ

掘削作業の補助的な情勢として、グラフィックディスプレイを設け、掘削機、及びケーソンからの信号をコンピューターより出力して掘削に必要な最少限の情報を表示した。(第2図)

2-3 操作系

遠隔操作を行うスティックは、手にグリップしやすい形状とし、且つ若干の抵抗を持つ物が操作性に優れている。制御は、一般的な比例制御方式であるが、掘削作業時と走行移動時の2パターンを考えてスティック配置を設定した。この配置により掘削中は、スティックを離す事なくスムーズな操作が可能となった。(第3図)

なお、走行に関しては、走行限界警報及び自動停止機能を備えている。

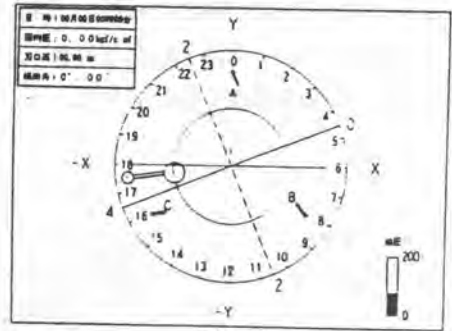


図 - 2



図 - 3

2-4 伝送方式

伝送は、大別して地上より操作制御信号、掘削機からは、映像及び制御信号がそれぞれ送られる。一般的な伝送方法としては、無線、同軸ケーブル、光ケーブル等があり、無線はタイムラグが大きく、処理量、ノイズ、長距離に於ける認可等問題点が多かった。同軸ケーブルは、映像、制御の各信号が同時に送れない。またスリップリングより発生する信号破断等予測されたので使用に到らなかった。

今回の伝送媒体として、光ケーブルを採用した理由について

- (1) 映像信号の特性に合っている。
- (2) 誘導雑音が全くないので通信品質を高くする事が出来る。
- (3) 伝送容量が大きい。
- (4) 同時相互送信が可能のため、1本の光ケーブルで処理出来る。

など多くの利点がある反面、ケーソン現場のような過酷な場所で使用することについて、その可能性を、確認するため、強度に関する実験を行い、端末等処置を施す事により、充分耐える事が確認出来た。

## 2-5 掘削機本体

走行特性を良くするため、レールにラックを設け、ギヤードライブとした。車輪は、部品数を少なくするため、2方向の力を受ける構造とした。この構造により直線、曲線ともスムーズ、且つスリップのない確実な走行を可能にした。(第4図)

掘削時の反力を受ける方法は、油圧シリンダー付ブレーキアームをレール上下面よりグリップする方法である。又このブレーキアームは、走行時、シーケンス回路により自動解除する。これによりオペレーターの運転操作の大幅な軽減が出来る。

掘削機構においては、土質の変化、掘削ヶ所の違いにより、ホー、ショベルの使い分けが出来る様に反転機能を設けた。この反転機構は映像による積込みを容易にするとともに、粘性土の付着防止に対しても効果がある事が確認された。(第5図)

さらにメンテナンスによる入函を極力省くための機構として自動給脂装置を設けてある。

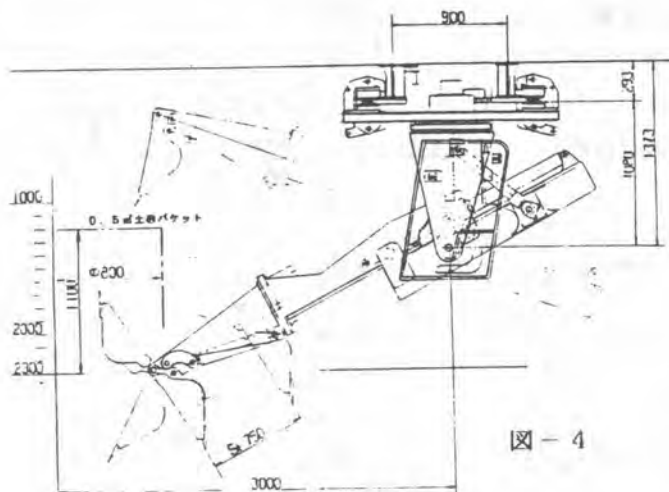


図-4

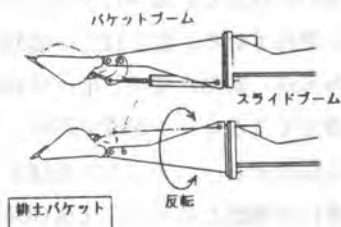


図-5



写真-1 遠隔操作室

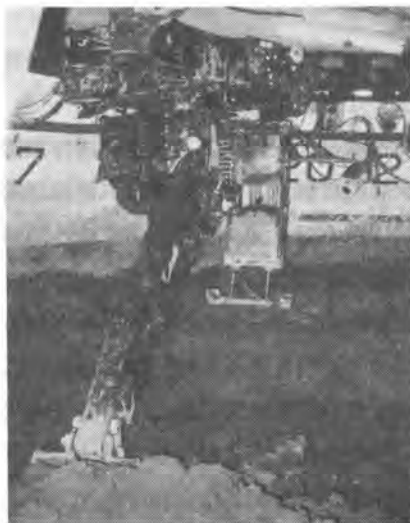


写真-2 掘削機

### 3. 実績

#### 3-1 施工結果

発注者 : N T T

工事件名 : ケーソン立坑工事

施工期間 : 平成元年8月～平成2年2月末

土質 : 東京礫層、江戸川層 N値50以上

間隙水圧 : 4.3kg/cm<sup>2</sup>

本システムの遠隔操作による施工は、作業圧気圧2.0kg/cm<sup>2</sup>より最終圧気圧4.3kg/cm<sup>2</sup>までの施工である。全12ロットの掘削方法、土質、気圧、作業時間等は次の通りである。(表-1)

ロット別	掘削方法	土質	掘削長(m)	作業気圧kg/cm <sup>2</sup>	実掘削時間(h)	掘削量m <sup>3</sup>	摘要
1	人力及び地上 走行式バック ホー使用	細砂	9.94	0 ~ 0.9	67.0	877.2	過沈下防止のサン ドル3箇所あり
2		粘土質シルト			~		
3					100.0		
4	(搭乗運転)	粘土質シルト	3.04	0.9 ~ 1.2	80.2	268.3	
5		砂質シルト	3.00	1.2 ~ 1.55	73.4	264.8	
6		砂	2.97	1.55 ~ 1.85	60.7	262.1	
7		砂質シルト	3.03	1.85 ~ 2.1	92.3	267.4	減圧時間遠隔運転
8	無人化掘削機	砂礫	3.03	2.1 ~ 2.9	127.3	267.4	被圧帯水層に入る
9		細砂	3.10	2.9 ~ 3.2	118.7	273.6	
10		細砂	3.17	3.2 ~ 3.5	146.9	279.7	
11		細砂	3.45	3.5 ~ 3.8	138.5	304.5	
12		(遠隔運転)	細砂	3.06	3.8 ~ 4.24	122.1	270.0
	計		37.79			3,335.0	
無人化掘削機	搭乗運転		12.04	0.9 ~ 2.1	280.9	1,032.5	
	遠隔運転		15.81	2.1 ~ 4.24	679.2	1,425.3	

表 1

#### 3-2 故障等

施工期間中の故障については、バケットピンの破損による1日作業中止の外、ボルトの緩み、脱落等があった。電気的トラブルでは、湿気による制御盤の一部機能不良と、オイル漏れによる信号のみだれがあった。これらの修理時間は、ほとんど1時間以内であり、昼休み、交替間に復旧でき工程に影響を与えなかった。

#### 3-3 あとがき

今回の遠隔操作による施工実績はほぼ計画の通りとなった。今後もオペレーターの疲労防止対策、映像による点検方法の改善、完了後の回収方法等、一層の研究開発に努める方針である。

最後に、本システムによる施工に当り、関係各位の協力、ご指導に感謝の意を表しこの報告を終る。