

8. 掘削機5台の遠隔操作による大型ケーソンの掘削管理

大豊建設(株)：小林 篤志、*今村 秀雄
宮下 政樹

1. はじめに

近年の建設工事においては、安全性及び省力化を考慮して、自動化システム等を取り入れた建設機械が多用されるようになってきたが、ニューマチックケーソン工事においても例外ではなく、遠隔操作システムによるケーソン掘削機を採用する工事が増加している。

本工事では、作業員が高気圧下に入らなくても施工できる5台のケーソン掘削機を使用し、遠隔操作による無人化施工を行った。

本稿では、その遠隔操作掘削管理システムの概要について述べる。

2. 工事概要

本工事は、新潟市の信濃川に新設される万代橋下流橋（仮称）の橋脚下部工事をニューマチックケーソン工法により築造する工事である。

工事概要を表-1、万代橋下流橋の全体図を図-1、図-2に示す。

表-1 工事概要

工 事 件 名	万代橋下流橋下部その2工事			
工 事 場 所	新潟県新潟市下大川前通り5丁目地先			
発 注 者	建設省北陸地方建設局			
請 負 業 者	(株)大林組	協 力 業 者	大豊建設(株)	
工 事 内 容	ニューマチックケーソン基礎 P2橋脚 1基 (矩形38.0m×19.0m、高さ17.0m)			
	基礎面積	727.25 m ²	最大理論気圧	0.26 MPa
	掘削土量	17,060 m ³	掘削土質	細砂

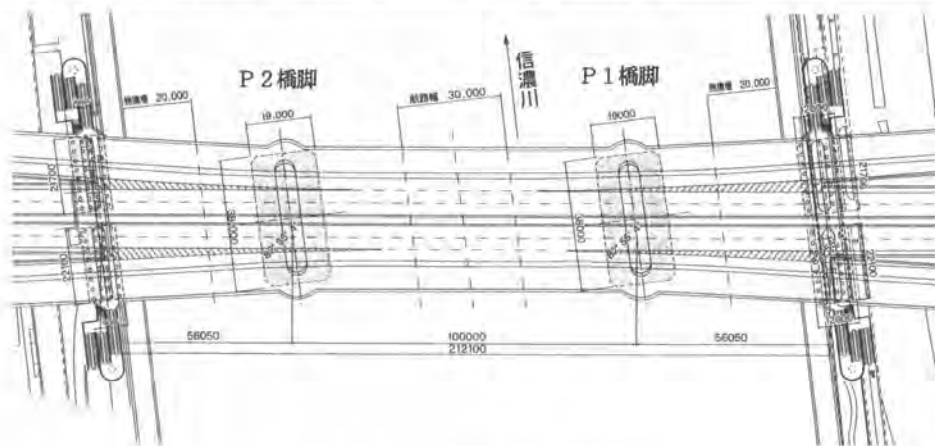


図-1 万代橋下流橋全体平面図

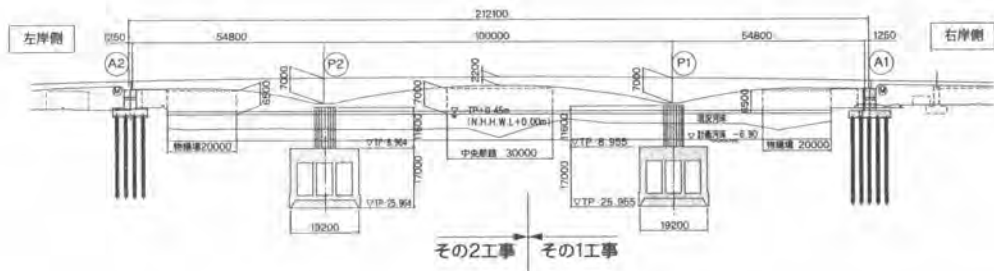


図-2 万代橋下流橋全体側面図

3. 遠隔操作による複数掘削機の沈下掘削

ニューマチックケーソン工法では、常に作業気圧と作業時間・減圧時間の作業環境管理が重要な部分を占め、掘削作業効率も沈下と共に低下する。そこで、本工事ではケーソンが最も不安定になる初期沈下時（作業気圧 0~0.1MPa）では、ケーソン姿勢制御が容易な搭乗掘削を採用し、0.1MPa以上では、作業員が高気圧下に入らないで地上からの遠隔操作による沈下掘削作業のできる無人化工法を採用した。

ケーソン掘削機を写真-1、遠隔操作システムを写真-2に示す。



写真-1 ケーソン掘削機



写真-2 遠隔操作システム

本工事のケーソンは作業室面積が727.25㎡と大きく工期等を考慮した場合、沈下掘削に使用する機械は5台必要となる。複数の機械を同時に使用し掘削する場合は、掘削機の位置及び掘削状況を的確に把握する必要がある。搭乗掘削の場合は、直接オペレーターの視覚・聴覚により掘削作業が的確に把握することができるが、遠隔操作による掘削の場合は、固定カメラ、集音マイクによる限られた情報により、掘削機側面、背面の相関位置や掘削バケットの位置を判断することになる。相互の掘削機の相関位置が不明確であれば、掘削機同士の衝突トラブルが発生し掘削バケットの位置・深さが明確に分か

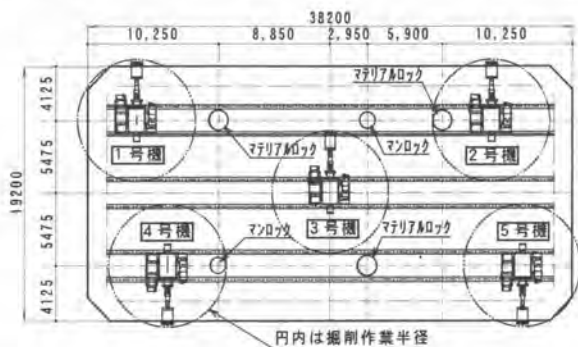


図-3 ケーソン掘削機配置平面図

らなければ精度のよい掘削施工ができない。特に、刃口付近の正確な掘削ができなければ、ケーソンの沈設、傾斜修正に無理が生じ、ケーソンの沈下掘削管理として十分とはいえない。

これらの諸問題を解決するために本工事は、掘削機5台を総合的に管理するシステム『DREAMⅡ型ケーソン掘削機制御システム』を導入して掘削機及び沈下状況の管理を行うこととした。

本工事で使用したケーソン掘削機の配置平面図を図-3、全体図及び主仕様を図-4に示す。

項目	仕様・寸法
バケット容量	容量 1.2m ³ 山積 0.75m ³
電動機	37kw
最大掘削半径	G.L線 4610mm
最小掘削半径	アーム下端部 1340mm
ブーム径φ	1400mm
総重量	感作17+総重量 4500kg

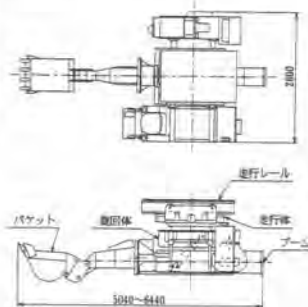


図-4 DREAMⅡ型ケーソン掘削機全体図

4. DREAMⅡ型ケーソン掘削機制御システム

(1) 概要

掘削機制御システムは次の①～③のモジュールにて構成されており、変化する作業条件やケーソンの姿勢変位に速やかに対応できる制御システムである。

- ①掘削機監視システム
- ②接触防止統括監視システム
- ③ケーソン形状設定システム

(2) 機器の構成

機器の構成は、掘削機本体内にプログラムコントローラ（PLCマスタ）を装備し、遠隔操作盤内にプログラムコントローラ（PLCスレーブ）を装備して掘削機の制御及び遠隔操作を行う。掘削機PLC・遠隔操作盤PLC・掘削機パソコンはPCL専用通信線により通信を行う。各掘削機パソコン5台と統括監視パソコンとはイーサネットにより通信を行う。

掘削機5台を配置したシステム構成図を図-5に示す。

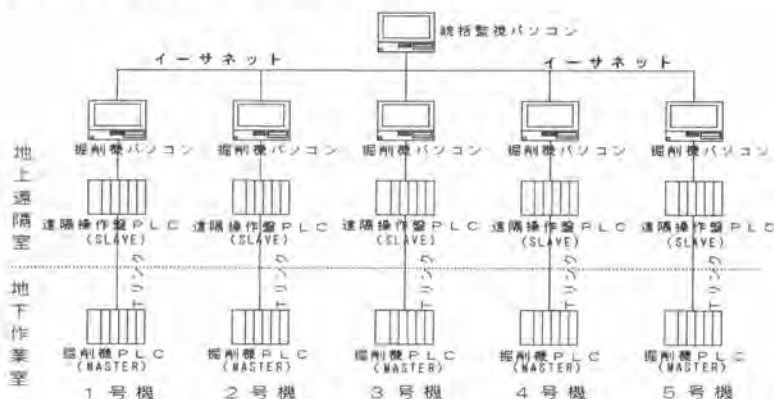


図-5 システム構成図

(3) 掘削機監視システム

掘削機監視システムは、掘削機監視表示・掘削機動作特性の設定・センサーモニタ機能から構成される。

1) 掘削機監視表示

掘削機監視表示は、次の①～④の表示になっており、それらの表示を図-6に示す。

①ケーソン躯体表示

日付・ケーソン函内圧・刃口高・ケーソン傾斜角を表示する。

②掘削機表示

掘削機番号・搭乗／遠隔モード・ポンプの運転停止・メイン油圧・油温・給脂温度・油量警告を表示する。

③ケーソン平面図表示

レール配置・ロック位置・ケーソン形状・ケーソン外枠文字等のケーソン情報・各号機の現在位置・ケーソン傾斜角を表示する。

④掘削機姿勢表示

掘削機のテレスコプームの姿勢、及び長さ・バケットの回転方向・ケーソン壁面を表示する。

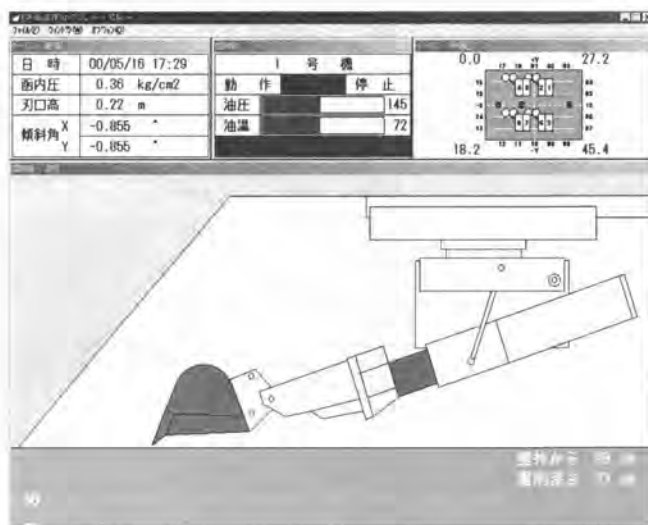


図-6 掘削機監視表示

2) 掘削機動作特性の設定

掘削に関係する掘削機動作特性として、以下の項目が設定している。

通信環境設定・グリスポンプ給脂時間設定・操作レバー特性設定・クッション特性設定・原点情報設定・速度制限設定・掘削機方向設定・掘削機種別設定

3) センサーモニタ機能

掘削機の各種センサーを掘削機センサーモニタ画面にて表示する。

(4) 接触防止統括監視システム

1) 接触防止機能

接触防止機能は、複数台の掘削機が稼働する場合に掘削機相互の接触を未然に防止する機能である。各掘削機からの走行位置・旋回角度・ブーム長さ／角度・バケット開閉及び反転角度などの情報をPCL専用通信線で経由して掘削機パソコンに通信し、イーサネットを経由して統括パソコンに全ての掘削機の情報を通

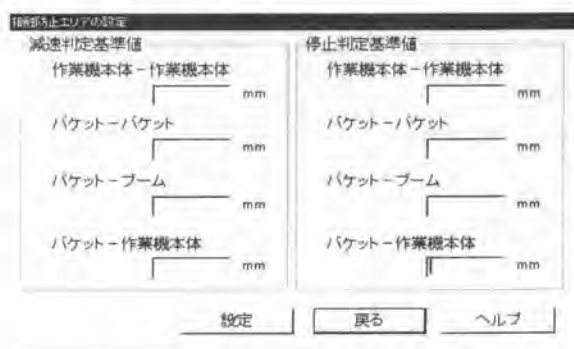


図-7 接触防止エリアの設定

信する。統括パソコンでは、減速エリア・停止エリアの判定を演算し、各掘削機に減速・停止を指令する。接触防止エリアの設定を図-7に示す。

2) 接触防止機能のモニタ

接触防止統括監視システムは、統括監視パソコンと掘削機パソコンに各掘削機の配置状況及び近接状況を表示する。各掘削機の通常色は黄色で表示し、減速エリア及び停止エリアでは赤色を表示する。

接触防止機能のモニタ画面を図-8に示す。

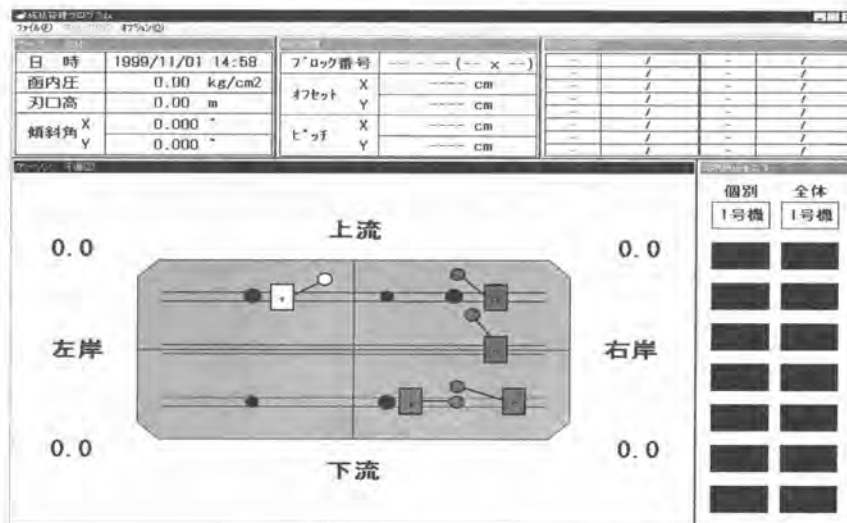


図-8 接触防止機能のモニタ画面

(5) ケーソン形状設定システム

このシステムは、工事毎に変化するケーソンの形状に応じて、掘削機の監視、接触防止システムを対応させるためのシステムである。

ケーソン形状設定のシステム内容を次の①～⑥に示す。

- ①ケーソン形状 : 矩形・円・小判型・直線円弧組合せ等の形状に対応
- ②刃口形状 : 刃口形状・天井高さの設定
- ③天井コーナ : 作業室の天井寸法の設定
- ④シャフト位置 : マテリアルロック・マンロックの位置の設定
- ⑤掘削機走行レール : レール形状・本数の設定
- ⑥ケーソン外枠文字 : 左岸・右岸・上流・下流等の文字入力

5. 掘削管理

ニューマチックケーソンは、総沈下力と沈下抵抗力のバランスを保ちながら沈設されるものであり、圧力変化、刃口反力及びその土質支持力により過沈下、移動、傾斜等を引き起こす。そこで、ケーソン躯体に次の①～③に示す計測器を設置し、自動計測のデータをコンピューター処理して、リアルタイムにケーソンの状態を把握できるように作業室内と遠隔操作のモニタに表示した。

- ①ケーソン姿勢を把握する傾斜計、鉛直変位計
- ②刃口荷重を把握する刃口反力計
- ③函内環境を把握する気圧圧力計、空気流量計、温度計、各種ガスセンサー

これらの掘削管理システムにより、本工事の大型ケーソンの沈下掘削を効率よく、且つ正確に行うことができた。

今回の掘削では、計測システムの傾斜計と鉛直変位計のデータをもとに、掘削機姿勢表示モニタ及び接触防止機能モニタにより、掘削機及びバケットの位置を的確にまた数字的に把握して、刃口付近の掘削を行うことにより、速やかにケーソンの傾斜修正を行い、ケーソンの沈設作業では最も重要な傾斜変位を少なく抑さえることができた。

また、ケーソンが不安定な初期沈下時の傾斜変位はやや大きいですが、ケーソンの深度が深くなるにつれて傾斜変位も徐々に少なくなり、安定したケーソンの沈設施工を行うことができた。

ケーソン深度と傾斜変位の関係を図-9に示す。

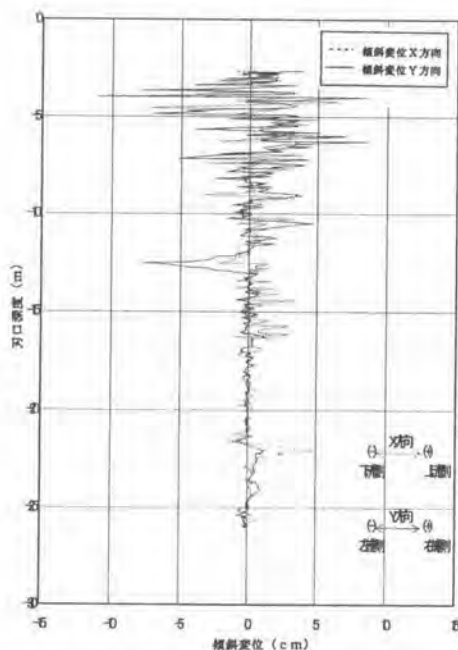


図-9 ケーソン深度と傾斜変位

6. あとがき

本工事では、5台のケーソンの掘削作業を行ったが、ケーソン掘削機制御システムの採用により、オペレーターが地上の遠隔操作室にて掘削機の状態、掘削機相互の位置関係等を的確に把握でき、且つ、掘削機の接触防止機能の働きにより掘削機相互の接触によるトラブルを未然に防いで、作業効率と作業の安全性を高めることができた。

今後、大型大深度ケーソン工事においては、遠隔操作でのさらに多くのケーソン掘削機による掘削作業が必要になると思われるが、本掘削制御システムを用いることにより、ケーソン掘削における各種の沈下掘削管理を適切に行うことが可能であり、ニューマチックケーソンの適用分野の拡大に寄与できるものと考えられる。