

34. 大深度地中連続壁工法の掘削管理システム

(株)鴻池組：*松生 隆司・大橋 昭
鷺見 明・澤 芳幸

1. はじめに

最近、地中連続壁工法はジオフロント開発のための有力な基盤技術として注目されており、大深度地下構造物への利用を目指して施工技術の大深度化・大壁厚化が急がれている。この新しい開発動向に対処するため、当社では、深さ150m・壁厚2m規模の施工を可能とする大深度地中連続壁工法（KSW-G工法）を実用化した。地中連続壁工法では壁体相互を連続して接合する必要があるため、掘削精度の確保が取りわけ重要である。そこで本工法の実用化に当っては、大深度施工を高精度に実現するための支援システムとして、掘削機の位置・姿勢を正確に検知してこれを精密に制御するための掘削管理システムを開発した。

本システムでは、掘削精度管理として設計値からの掘削機の偏位量を50mm以内に抑えることを目標に、マン・マシンによる制御・管理機能を用いて掘削作業を効率よく支援し、大深度施工を精度よく行うことが可能である。さらに、現場内の無線情報ネットワークを構築することにより、工務管理および安定液管理との統合が図られている。本報告では、システムの概要ならびに実証試験の成果について述べる。

2. 掘削管理システムの概要

大深度地中連続壁工法に用いる掘削機械は、掘削機（エレクトロミル掘削機）とベースマシン（クローラークレーン）より構成される。掘削機はベースマシンで吊り下げられ、掘削機を降下させることにより地盤を連続的に掘削する。掘削機には、機体の姿勢を制御するためのアジャスタブルガイドを装備している。掘削機械の構成を図-1に示す。

地中連続壁工法の掘削においては、掘削機の水平方向の偏位量を正確に把握することが重要であり、大深度になるほどその必要性が増してくる。一般に、大深度施工では水平偏位50~100mm以内あるいは鉛直精度 1/1000~1/2000以内の掘削精度が必要といわれているが、本工法においては、精度管理として掘削設計線からの偏位量を50mm以内に抑えることを目標にしている。

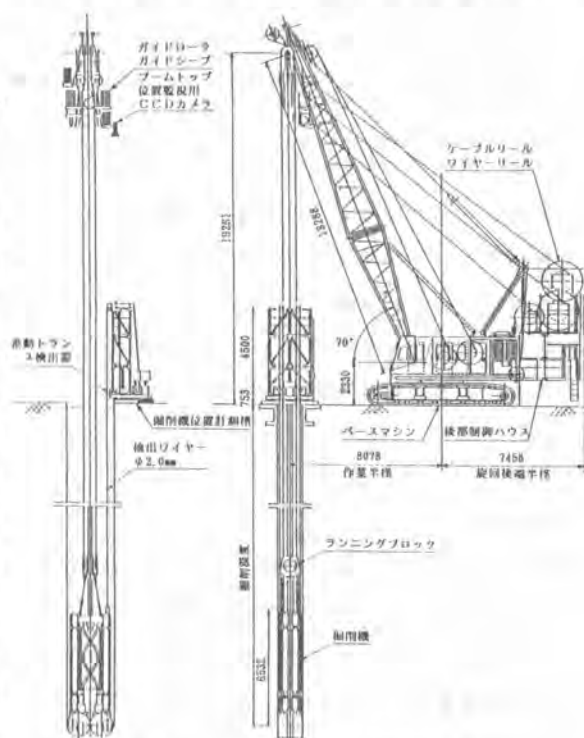


図-1 掘削機械の全体構成

掘削管理システムは、掘削機位置検出装置と掘削管理装置から構成され、その構成内容を図-2に示す。

(1) 掘削機位置検出装置

掘削機位置検出装置は、掘削機位置計測槽、検出ワイヤおよびブームトップ位置監視装置より成る。本装置は、掘削機位置計測槽の頂部から掘削機本体の頂部に取付けたシーブまで繋いだ2本の検出ワイヤを基準ラインとし、掘削機の移動に伴う検出ワイヤの地上での水平変位量を検出することにより掘削機の位置を求めるものである。具体的には、掘削深度150m地点での掘削機が50mmの管理限界まで水平移動した場合、地上の測定位置における検出ワイヤの変位量は約1.6mmである。

検出ワイヤは、掘削機頂部のシーブを介して再び掘削機位置計測槽の頂部まで戻し、計測槽に装備した油圧駆動のワイヤリールを用い一定張力で巻上げている。計測槽のベース部はスライド機構を有し、掘削機の建込み・引上げの際、掘削溝より退避することができる。

今回、検出ワイヤの微小変位量を、非接触でかつ高精度に検出する方法として、差動トランス方式とカラートラッカー方式との2方式を考案した。両方式の検出方法を以下に説明する。

① 差動トランス方式

差動トランス方式は、検出ワイヤの動きに自動追尾する差動トランス検出器により、検出ワイヤの位置を100mm×100mmの2次元範囲を0.1mmの測定精度で検出する方法である。

すなわち、検出ワイヤが水平移動すると、検出ワイヤが差動トランス検出器の中心に位置するよう差動トランス検出器が自動追尾し、この検出器の移動量を検出ワイヤの変位量として検出する。本方式は磁気検知方式であるため泥水の飛散による精度の低下はなく全天候での使用が可能である。図-3に差動トランス検出器の仕様を、写真-1に位置検出状況を示す。

② カラートラッカー方式

カラートラッカー方式は、検出ワイヤの変位量を色抽出方式で検出する方法であり、図-4に示すように、レンズ、4色抽出カメラおよびカラートラッカーで構成される。レンズは掘削機位置計測槽の頂部に固定し、後部上方側から検出部を撮影している。

本方式は、カメラで撮影された映像から任意の色の物体をターゲットとして抽出し、その重心座標を検出する機能をもつ。掘削機位置検出では、まず既知の間隔で配置した基準点を基準スケール値として測定し、検出ワイヤに取り付けた円形ターゲットの重心位置を画像内のXY座標として連

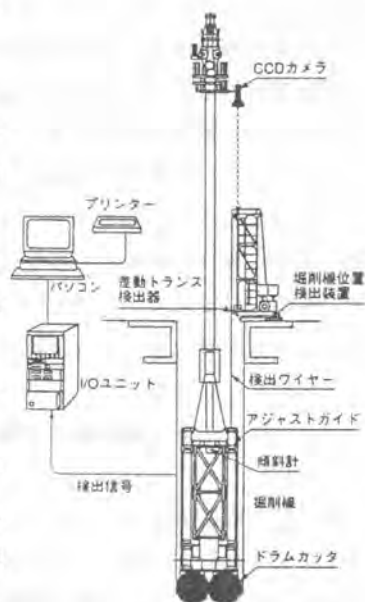


図-2 掘削管理システムの構成



図-3 差動トランス検出器の仕様



写真-1 差動トランス方式の検出状況

統的に検出し、基準スケール値と比較演算してワイヤの変位量を検出する。泥水の飛散、日照条件、天候などの影響は若干受けやすいが、差動トランス方式とほぼ同等の測定範囲と精度があり、かつ応答性は高い。

ブームトップ位置監視装置は、クレーンのブームトップに設置したCCDカメラにより、掘削機位置計測槽の頂部に設けたターゲットを運転室内のモニターTVで監視し、旋回時におけるブーム先端の位置ずれを確認して掘削機の吊り込み位置を常に定位置に保つことを目的としている。

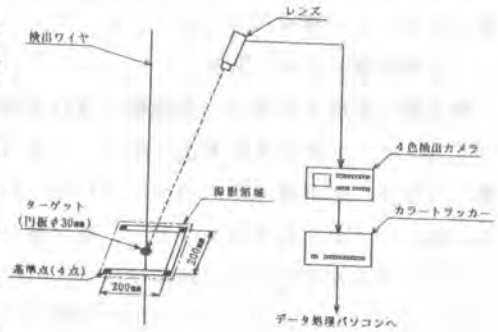


図-4 カラトラッカー方式の構成

上記の構成による掘削機位置検出装置は、高精度を有しながら取扱いが簡便であり、耐久性に優れている。

(2) 掘削管理装置

掘削管理装置は、図-5に示すようにパソコンを中心に構成され、クレーン運転室と事務所に配置されている。クレーン側の掘削管理装置は、適所に配置したセンサーから掘削データを収集し、掘削機の操作に必要なデータをモニターTVに表示する。写真-2に出力画面例を示す。

掘削管理において最も重要な項目である掘削機の偏位量は、2本の検出ワイヤの変位量、掘削機本体の傾斜および掘削深度より、ドラムカット中心での前後・左右方向の偏位量およびねじれ角として演算・表示する。これらの値が管理限界値に近づくと、掘削機のアジャスタブルガイドによる姿勢修正の操作指示がモニターTVに表示され、オペレータはこれに基づいて掘削機の偏位量およびねじれ角が管理値内に収まるように掘削機を制御する。画面にはその他に、掘削速度などの管理データやシステムの動作状態、安定液の管理状態などが表示され、掘削機あるいは掘削作業全体の稼働状況が的確に把握できる内容としている。

さらに、本システムでは、安定液管理システムおよび事務所管理室の掘削管理装置に管理データの無線伝送を行うことにより、現場内での情報管理ネットワークを構築している。安定液管理システムにおいては、掘削の進捗に対応して安定液の品質を常に良好な状態に維持するために掘削データが利用される。事務所側の掘削管理装置においては、クレーン側と同じ画面が表示できるほか、詳細な施工データの解析や工務管理等が行える。

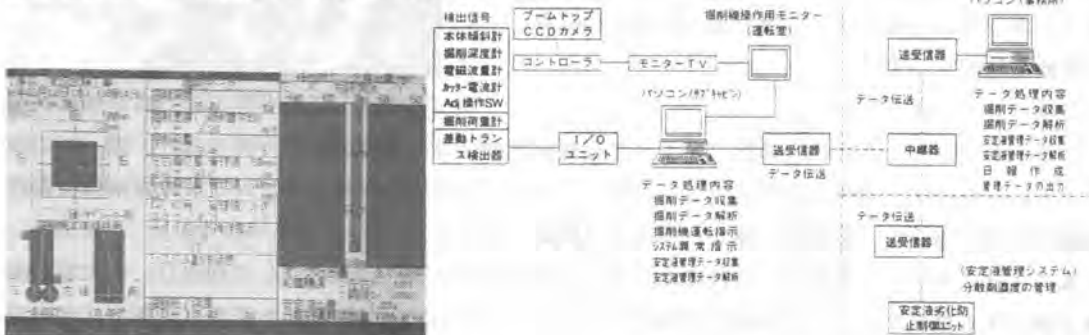


図-5 掘削管理装置の構成

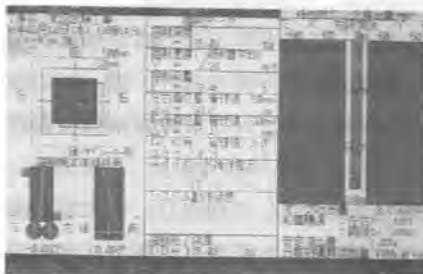


写真-2 モニターTV画面の出力例

3. 実証試験の結果

実証試験は、超大型地中連続壁工法に関するトータルな施工技術の確立とその信頼性、実用性の検証を目的とし、平成3年10月～平成4年6月の期間、大阪湾に面した大阪府泉大津市の埋立地において実施した。

試験は、1回の掘削を1エレメントとし、エレメントNo.1～エレメントNo.4（以下、EL-1～EL-4という）を施工したもので、最初にEL-1において深度150mを掘削し、EL-2およびEL-3において深度30mの掘削を行った。さらに、EL-4では上部30m部分のコンクリートカッティング含む深度110mの掘削を実施した。

全エレメントにおいて、掘削機械およびシステムは順調に稼働し、良好な掘削を行うことができた。掘削作業においては、掘削管理システムのモニターTV画面表示に従って掘削機の偏位量を50mm以内にとまるように掘削機を制御した。EL-1における深度5m毎の掘削機の位置検出値と溝壁測定結果から読み取った溝壁中心位置との比較を図-6に示す。掘削機の偏位量は目標とする50mm以内で管理することができ、溝壁測定結果とよく対応した結果が示された。

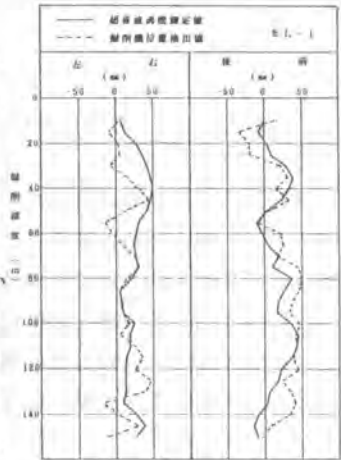


図-6 溝壁測定結果と掘削機位置検出値の比較

本試験では、検出ワイヤの変位量検出について、差動トランス方式を標準の検出方法として採用したが、部分的にカラートラッカー方式も併せて実施し、両方式の測定結果を比較検討した。掘削中の検出ワイヤの動きは比較的ゆっくりとしたものであり、差動トランス検出器はその動きを良好に追尾した。図-7は、検出ワイヤを任意に変位させた際の両方式による検出値を対比したものである。結果によれば、左右方向の測定結果はよく一致し、前後方向のそれは少しの差異がみられた。これは、ワイヤーの影やターゲットの輝度変化等に起因するカラートラッカー方式側の測定誤差と判断される。なお、この方式においても、補助照明や防護対策を施せば、現場計測として十分使用できるものと考えられる。

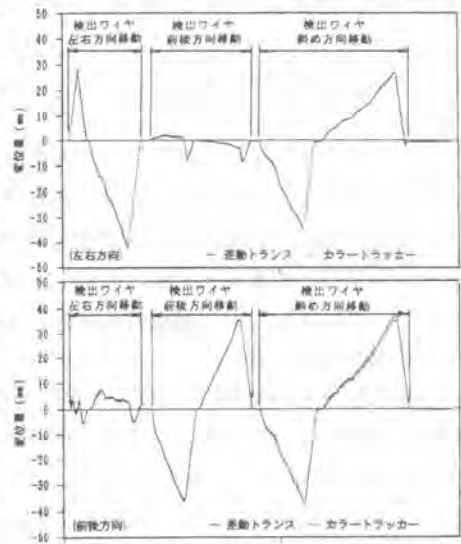


図-7 検出ワイヤ変位量測定値の比較

4. おわりに

今回の実証試験においては、開発目標とした掘削精度の確保とともに掘削機械および掘削管理システムの実用性、信頼性が確かめられ、大深度施工における掘削機の制御・管理手法を確立することができた。今後、実工事での適用を進める一方、本工法の高度化として、オペレーションの大幅な軽減と掘削精度の向上を目指して掘削制御の自動化を図りたい。

おわりに、実証試験に対し、終始懇切なご指導と多大なご支援をいただいた大阪府港湾局の方々に深甚なる感謝の意を表するとともに、開発にご協力いただいた関係各位に深く感謝します。