

3. 地中連続壁掘削精度管理システム

西松建設(株)：*田口 毅，熊谷 健洋，小栗 利夫

1. はじめに

平成5年に大深度・厚壁地中連続壁実験工事を実施し、高精度かつ効率的な掘削管理を目的とし150m級までの大深度地中連続壁工事に対応できる、西松式掘削精度管理システムを開発した。平成6年に実施工に採用し、以降、現在に至るまで8件の工事に適用した。掘削精度管理システムの中核をなす精度管理架台は、度重なる改良を加え、現在、4号機にまで発展している。

本論文では、掘削精度管理システムについて、その開発経過、概要を報告する。

2. 開発経過

高精度かつ効率的な掘削管理を目指した掘削機位置検知システムの開発は、深度150mにおいて掘削機の変位1cm(傾斜角換算で1.4秒の微小角度)を確実に検知できる性能の実現を目標とした。この目標精度をクリアし信頼性の高い計測を達成するため、精度管理架台は高剛性・高精度な構造を、傾斜計方式の計測機構部にはジンバルユニット・計測ロッドなど独自のメカニズムを採用している。

平成5年に深度140mの地中連続壁工事に採用した精度管理架台1号機(TYPE-I)を開発し、以降、平成6年に2号機(TYPE-II)・3号機(TYPE-III)、平成8年に4号機(TYPE-IV)を開発し、実施工に適用している。写真-1に、タイプ別精度管理架台を示す。



TYPE-I



TYPE-II



TYPE-III



TYPE-IV

写真-1 精度管理架台

3. 掘削精度管理システム

本システムは、掘削中の掘削機位置・姿勢を検知し、その情報をリアルタイムでオペレータにフィードバックして掘削機の姿勢制御操作を支援するもので、データの保存、記録も可能である。図-1にシステムの概要を示す。

基本的な位置検知原理は、掘削溝上の精度管理架台と掘削機頭部のシーブ（滑車）との間にワイヤを一定張力で張り、ワイヤの長さ・傾斜角および掘削機の傾斜角を測定し、掘削機の水平変位量を算出する方式である。

以下に、本システムを構成する精度管理架台、ベースマシンシステム、管理室システムについて概要を示す。

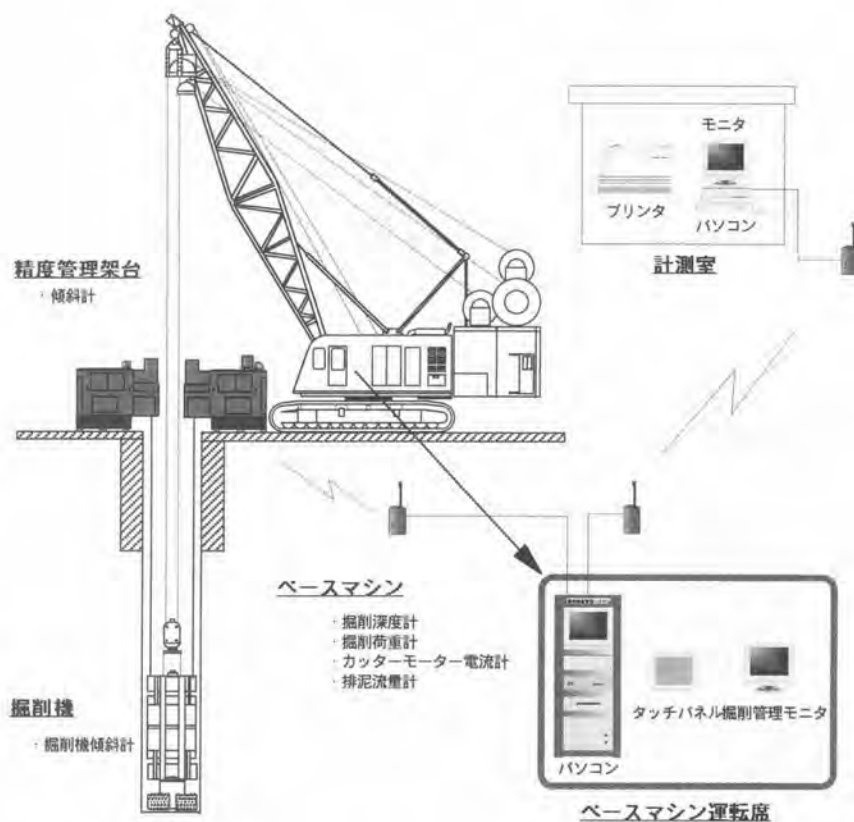


図-1 システム概要図

3-1. 精度管理架台

精度管理架台は、高精度傾斜計・計測ロッド・ジンバルユニット・X-Yテーブルがユニット化された計測機構部、ワイヤ張力発生用ウィンチ、計測機構部移動装置、架台水平調整装置、制御盤・パソコン・無線通信ユニットなどの制御機器から構成される。図-2に、架台構成を示す。

掘削機の水平変位量を2方向に分けて算出するため、X軸（壁長方向）、Y軸（壁厚方向）の2軸それぞれに傾斜計を設置し、掘削機の動きに伴うワイヤの挙動を直接計測するのではなく計測ロッドと一体化されたジンバルユニットの動きを傾斜計が検知する機構としている。精度管理架台は掘削溝上部に2台設置され、2本のワイヤからスピン角（Z軸まわりの回転角）も算出する。ジンバルユニットに一体化された計測ロッドの先端にワイヤを取付け、ワイヤは掘削機頭部に設置されたシーブを介し架台内に戻され、ウィンチによって一定張力を付与されている。

平成5年に開発し、深度140mの地中連続壁工事に採用した精度管理架台1号機（TYPE-I）は、壁厚2.1mに伴い掘削機の計測点2点を片側に配置した一体型タイプであり同工事に3台製作した。TYPE-II以降は、架台設置方法の柔軟性、利便性を考慮し、計測点の設定位置を選択できる分割型タイプを採用している。また、計測ワイヤ用ウィンチの改良、ダンパ機構の追加など架台構成機能の性能向上を図るとともに、架台計測部待避方式の工夫などにより簡便に設置でき、作業スペースや掘削ガット形状に合わせて柔軟に架台タイプの使い分けが可能となっている。

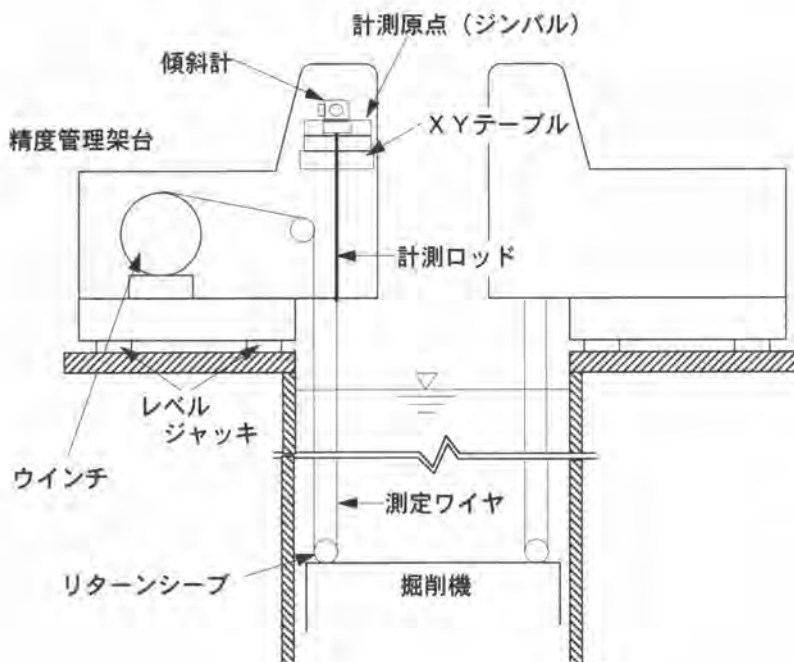


図-2 架台構成図

以下に、精度管理架台の特長を示す。

①架台本体および計測部機構

架台本体は、TYPE - II以降、更に高剛性・高精度な構造を採用し、計測の信頼性を高めている。計測機構部に採用している計測ロッド・ジンバルユニットは、ワイヤの挙動を検知する応答性を向上させるための独自に開発したメカニズムである。

②架台設置方法

TYPE - Iは、計測点2点を1台の架台内に設けた一体型タイプで、掘削溝の片側に設置する。このタイプは、片吊りによる掘削機の操作性への影響が懸念される。TYPE - II・III・IV架台は、計測点1点につき1台の分割型タイプの架台である。掘削溝の壁長（左右）方向、壁厚（内外）方向に分割させ、現場での作業スペースや掘削ガット形状等により設置位置の選択が可能である。また、TYPE - II以降、ガイドベースの採用により架台設置が簡便に行え、架台の水平調整機構についても、短時間で調整が可能になっているのも特長の一つである。

図-3に架台設置方法の一例を示す。

③架台退避機構

掘削終了時など掘削機を引揚げる際の計測機構部を計測原点より退避させる機構は、前後スライドタイプ（TYPE - I・II・III）と回転タイプ（TYPE - IV）を開発し、作業スペースや掘削ガット形状などの制約に対する架台選択範囲を広げている。（図-4参照）

④張力発生用ウィンチ

トルクモータ仕様（TYPE - I・II・III）とサーボモータ仕様（TYPE - IV）を開発した。サーボモータ仕様は、正確な張力制御と高い応答性により計測の高精度化を図っている。サーボモータの採用により、将来的に精度管理架台の小型化が期待できる。また、掘削時のワイヤ切断を防止する補助的なダンバ機構を、ワイヤ配索経路に組込んでいる。

3-2. ベースマシンシステム

ベースマシンシステムは、ベースマシンのサブキャビン内に設置し、演算処理用システムラック、モニタ、オペレータ操作盤、無線通信ユニットにより構成される。精度管理架台の無線通信ユニットから送信されるデータ、ベース

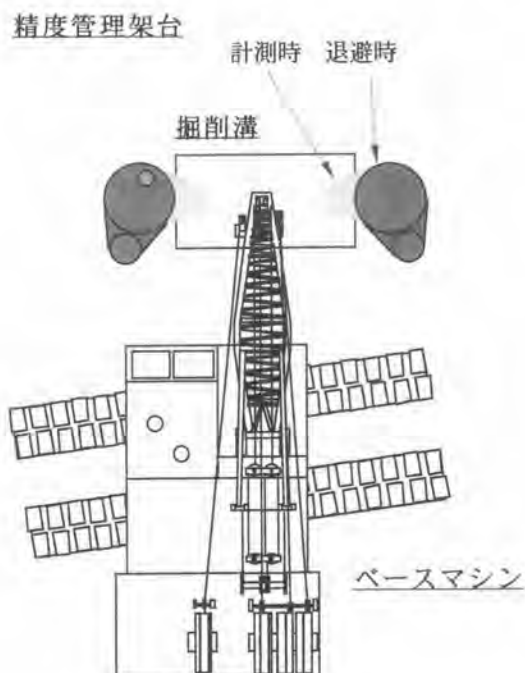


図-3 架台設置状況

マシンから得られる掘削深度、掘削機傾斜角および掘削機運転状況データが取込まれ、掘削機の位置・姿勢情報が掘削機の運転状況データと共にモニタに表示されオペレータに情報が伝達される。また、取り込まれたデータの保存、管理室システムへの無線送信も行う。

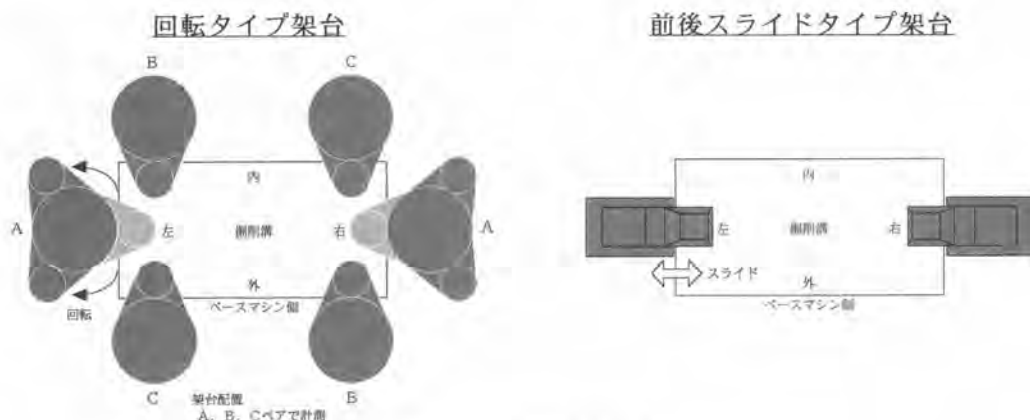


図-4 架台退避機構

3-3. 管理室システム

管理室システムは、ベースマシンシステムから送信される掘削機の位置・姿勢データ情報と掘削機運転状況データを受信し、オペレータ用モニタと同様の情報をモニタに表示する。また、収集されたデータは連続壁掘削工の施工管理データとして保存され、変位軌跡図などの出力が可能である。パソコン、モニタ、プリンタ、無線通信ユニットから構成され、これらの機器を事務所等に設置することにより掘削状況の把握、監視が事務所内で可能となる。図-5に、モニタ画面の一例を示す。

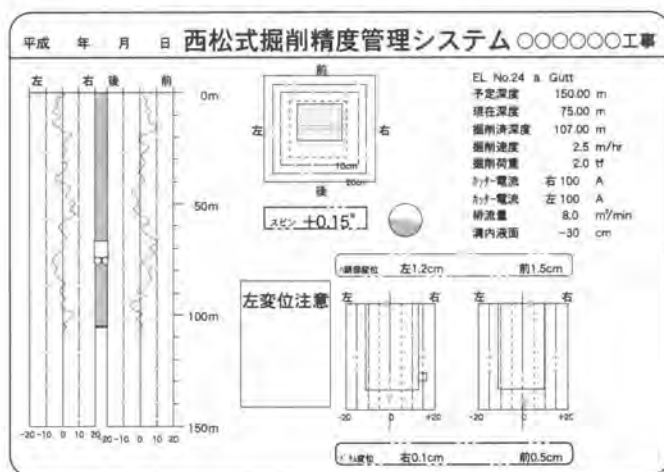


図-5 モニタ画面

4. 使用実績

平成6年以降、掘削深度100m以上の工事2件を含む計7件の立坑工事に適用した。また、現在、1件稼働中である。図-6に、掘削精度管理システムを使用した施工の概要を示す。

表-1 使用実績表

工事名称	掘削深度 (壁厚)	使用架台 タイプ	掘削機仕様
外郭放水路第3立坑新設工事	140 m (2.1 m)	TYPE-I	EMX-240 (株利根)
谷町筋管路新設工事	88.1 m (1.3 m)	TYPE-II	EMX-240 (株利根)
環7東海松原橋管路新設工事(第3工区)	40 m (1.0 m)	TYPE-III	BW-90120 (株利根オ-リング)
門真寢屋川(二)増補幹線第1工区下水管渠築造工事	50 m (1.2 m)	TYPE-II	EMX-240 (株利根)
神谷ポンプ所建設その2工事	64.9 m (1.2 m)	TYPE-III	FD32/180 (CASAGRANDE)
南台幹線立坑新設工事	108.5 m (1.2 m)	TYPE-IV	EMX-240 (株利根)
桑名地区洞道新設工事(第1工区)	75.5 m (1.2 m)	TYPE-III	EMX-240 (株利根)
五反田川放水路分流部立坑築造工事	74.5 m (1.2 m)	TYPE-IV	EMX-240 (株利根)

5. おわりに

高精度かつ効率的な掘削管理を目的として開発した掘削精度管理システムは、開発から5年以上経過し、幸いにもいくつもの現場で採用して頂きその役割を担っている。関係者の方々から多くのアドバイスを頂き改良を進め、4タイプの精度管理架台を製作するまでに至ったが、信頼性の向上、取扱い性の向上、低コスト化、小型化等々改善すべき点は数多くあると考えている。

最後に、本システムの開発、実用化にあたり御指導、御協力頂いた関係各位に深く感謝致します。



写真-5 施工風景