

36. 推進工法における立坑内作業自動化システムの開発

(株)奥村組：*畑山 栄一・杉本 博史

1. はじめに

近年、建設業においては、生産性の向上、作業環境の改善、熟練作業者の高齢化、労働者不足などへの対応から、自動化・ロボット化の技術開発が数多く行われている。都市トンネルの施工法である推進工法では、トンネル坑内の測量、掘進制御、方向制御の自動化はかなり進んでいるが、立坑内の作業については人手に頼っているのが現状である。

今回、この立坑内の作業であるヒューム管の搬入・接続作業を自動化するシステムを開発し、現場に適用した。ここではシステムの概要と現場での適用結果について述べる。

2. 開発目的

推進工法はシールド機で地山を掘削しながら、立坑内に設置した元押し装置でヒューム管を推進する工法である。ヒューム管1本の推進を終了すると、新たに接続するヒューム管を立坑内に搬入し、すでに推進したヒューム管（既設管）と接続する作業が必要になる。現状では、地上に1名、立坑内に2名、元押し装置に1名、計4名の作業者を配置し、互いに連携しながら作業を行っている。地上の作業者がクレーンでヒューム管を立坑下部まで吊り下ろし、立坑内の作業者がヒューム管の振れを止めて既設管との位置合わせを行い、元押し装置で既設管に接続する。立坑内の作業スペースが非常に狭く、安全性や作業能率の向上と省人化が課題になっている。そこで、これらの課題の解決を図ることを目的に自動化システムの開発を行った。

3. システムの概要

(1) 全体システム

システムの概要を図-1に、主な仕様を表-1に示す。立坑内の据付装置でヒューム管の管芯位置を検出し、接続するヒューム管のための位置決めを行った後、搬入装置により地上からヒューム管を据付装置まで搬入し、元押し装置で接続する。地上のヒューム管の玉掛け作業を除いて、一連の作業をオペレータの監視のもとに、すべて自動で行うことができる。

開発にあたっては以下の項目を考慮した。

- ①日本下水道協会の標準寸法の立坑に設置できる
- ②ヒューム管の適用管径は900～1500mmとする
- ③装置の取り扱いが容易で、熟練を要しない
- ④手動運転もできる
- ⑤装置の設置、撤去が簡単である

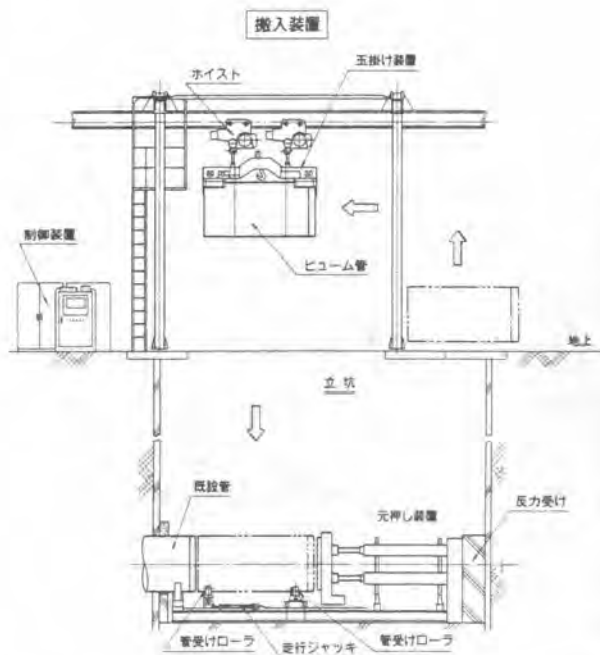


図-1 立坑内作業自動化システム

表-1 仕様

項目	性能・仕様	
搬入装置	形式	インバータ駆動ホイスト式
	定格荷重	4.35 tf
	走行速度	2.5 / 25 m/min
	巻上速度	1.7 / 10 m/min
	揚程	12 m
	適用管径	内径1500mm以下
	操作方式	遠隔操作及び自動運転
	精度	±20mm
据付装置	電動機	4.9kw×2, 0.6kw×2
	形式	油圧シリンダ式
	適用管径	内径1500mm以下
	操作方式	遠隔操作及び自動運転
	精度	±1.0mm
	油圧ユニット	2.2 kw

(2) 搬入装置

a. 機構

搬入装置は、推進方向と同方向に走行する2台のホイストと玉掛け装置で構成される。玉掛け装置にはビューム管を吊る2本の繊維ベルトを取り付けている。取り付けは図-2に示すように繊維ベルト両端の吊り輪にピンを通して行う。一方のピンはネジで固定され、他方のピンは電動シリンダで伸縮する。電動シリンダを操作し、玉掛けに必要な繊維ベルトの取り付け、取り外しができる。電動シリンダは玉掛け装置に設けた押しボタンと無線の両方で操作が可能で、地上でビューム管を吊るときの玉掛け作業はオペレータが押しボタンを操作して行い、立坑内の据付装置上では無線操作で自動的に繊維ベルトを外す。外された繊維ベルトは巻取装置で自動的に巻き取られる。なお、ビューム管搬入中に電動シリンダが誤動作して繊維ベルトが外れるのを防止するため、安全対策として機械的にピンをロックする機構を設けている。ビューム管を吊り上げると、玉掛け装置の吊り金具のシャフトが持ち上がり、これに連動してロックアームがピンを固定する。

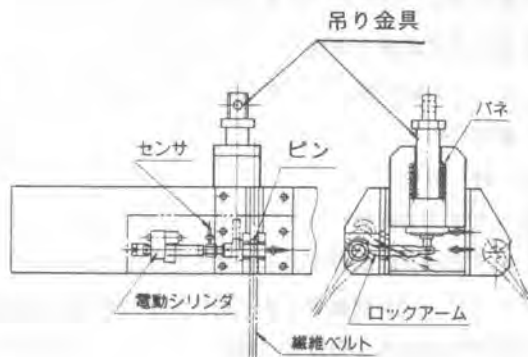


図-2 玉掛け装置詳細

b. 制御方法

立坑内の限られた狭い場所にヒューム管を搬入する必要があるため、自動化を図るには荷振れ防止と高精度の位置決め機能が要求される。

荷振れ防止については、インバータ駆動方式のホイストを2台使い、荷振れが生じないようにホイストの速度制御を行う。位置決めについては、走行位置および巻上げ・巻下げ位置をホイストに内蔵の位置検出センサで検出し、コンピュータにより、立坑の形状に合わせて精度の高い位置決め制御を行う。

(3) 据付装置

a. 機構

据付装置は、既設管側と元押し装置側で、ヒューム管を載せる2組の管受けローラから構成される。管受けローラには図-3、4に示すように管芯を調整する位置決めジャッキを装備している。坑口側の位置決めジャッキには、管受けローラのスライド量を計測するストロークセンサを内蔵している。

b. 制御方法

ヒューム管を接続する場合、推進ごとに既設管の管芯位置が変化するので、既設管の位置を検出し、推進管を既設管の管芯に合うように位置決めする必要がある。本装置では、ヒューム管1本の推進を終えると、坑口側の管受けローラを既設管に押し当て、管芯位置を測定し、記憶する。次に、この管受けローラを既設管を載せる位置まで移動し、位置決めジャッキでローラを調整し、既設管の管芯を再現させる。

元押し装置側では、既設管のように推進ごとに管芯位置が変化しないので、装置を設置するときに元押し装置の管芯位置を測定し、その位置になるようにローラの位置を決める。管芯の位置決めを終えると、ヒューム管を搬入して管受けローラに載せ、元押し装置で既設管のカラーに挿入し、一連の管接続を自動的に行う。

(4) 特徴

本システムの特徴を以下に示す。

- ①インバータ駆動方式のホイストを2台使い、吊り荷を安定した状態で搬入できる
- ②コンピュータ制御で立坑の形状にあわせて正確に搬入できる
- ③既設管の管芯を精度良く検出し、ヒューム管を精度良く据え付けできる
- ④制御装置のモニタ画面で運転状況やトラブルの状況が把握できる
- ⑤モニタ画面との対話方式で、自動運転に必要な初期条件を簡単に入力できる

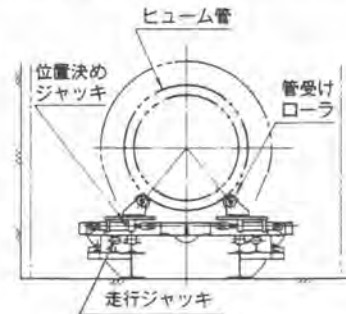


図-3 坑口側管受けローラ

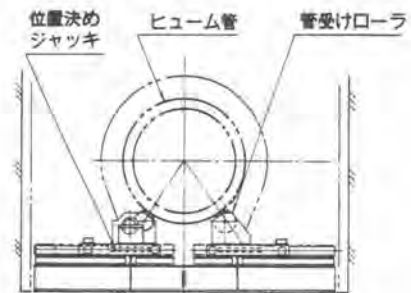


図-4 元押し側管受けローラ

4. 現場への適用

平成5年4月に、茨城県内の泥水推進工法の現場に本システムを適用した（写真-1参照）。その結果、良好な状態でヒューム管の搬入・接続作業ができた。

(1) 工事概要

工事名称：右羽東都市下水道施設整備工事
施工場所：茨城県土浦市大字右羽地内
立坑寸法：長さ6.46m、幅4.46m、深さ6.05m
土被り：2.65m
ヒューム管：内径1200mm
施工延長：71m



写真-1 ヒューム管搬入状況

(2) 性能評価

適用結果からシステムの性能を評価すると以下のようである。

a. 安全性

搬入・接続時の立坑内の人手作業がなくなり、吊り荷との接触や据え付け時の転倒等による作業者の事故を防止することができ、安全性が向上する。

b. 作業能率

現状の方法では、地上でクレーンを操作する作業者と立坑内の作業者が互いに合図しながらヒューム管を正確な位置に導いて据え付ける必要があり、作業能率が低下する恐れがあるが、本システムでは、位置決め機能が高性能で、円滑に搬入・接続ができるため、作業能率の向上が図れる。

c. 省人化

地上の1人のオペレータの監視のもとに、搬入・接続作業をすべて自動で行うことができ、省人化が図れる。

d. 精度と品質

荷振れがほとんどなく、搬入装置の位置決め精度は±20mmである。据付装置の位置決め精度は±1mmで、人手作業でしばしば問題になるヒューム管のバックインのめくれもなく接続でき、施工品質の向上が図れる。

5. あとがき

開発にあたっては、荷振れ防止と据付装置の精度の高い位置決め制御が課題になったが、現場に適用した結果、特に不具合もなく、所期の目標を達成することができた。立坑内の作業をすべて自動化するには、ヒューム管内の配管類やケーブルの接続作業の自動化が必要になり、これらについてもすでに基本計画を終えている。今後は、本システムの現場普及を図り、安全性や作業能率の向上を図って行きたい。最後に、開発に御協力いただいた関係者各位に紙面を借りて厚く謝意を表します。