

解説

新曲線位置計測技術 — prism —

前田 公洋

エースモール工法協会
技術担当



1. はじめに

近年、下水道管渠等の敷設工事においては、公共工事コスト縮減が命題であり、小口径管推進工法においても、「長距離推進」、「曲線推進」及び「立坑の小型化」等の技術開発に対する要望が急激に増大している。

エースモール工法協会では、これらの要望に逸早く対応するために、小口径管推進工法では初めて長距離・曲線推進を可能とした『エースモールDL工法』を導入してきた。また、平成12年にはφ2,500mmの立坑から発進できる『エースモールDL-C工法』を導入し、これまでの総推進延長は、平成15年度末で370kmを超えた。

本稿では、曲線推進時における現状の位置計測技術と課題、それらの課題を解決するために開発し、今年度から導入した新しい位置計測技術(prism)のシステム概要と施工事例について紹介する。

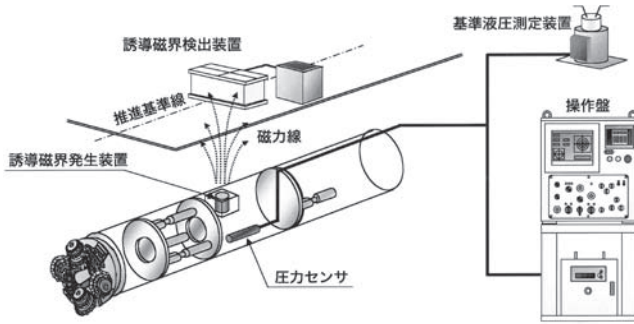
2. 現状の位置計測技術

一般的に直線推進時は、レーザ・ターゲット方式により位置計測を行っているが、曲線推進時は、レーザ光が先導体のターゲット面に届かないことからレーザ・ターゲット方式による位置計測は適用できない。

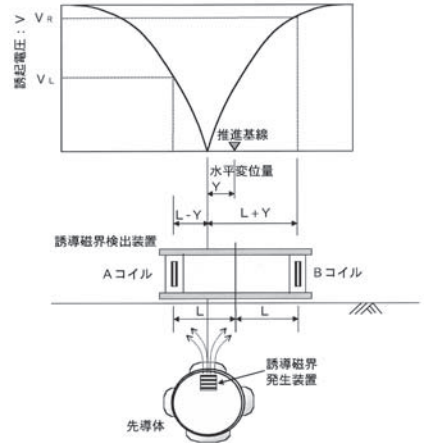
大中口径管推進工法では、位置計測時に人が管内に入ることができるため、管内での測量が可能であるが、小口径管推進工法の場合は、人が管内に入ることができないことから、電磁法及びジャイロ等を利用して位置計測をしている。

『エースモールDL工法』では水平方向の位置は電磁法方式、垂直方向の位置は液圧差法方式を使用している。

曲線推進時における現状の位置計測技術概要を図-1に示す。



図ー１ 現状の位置計測技術概要



図ー２ 電磁法方式計測原理

2.1 電磁法方式

電磁法方式は、先導体（パイプ）内に蔵された誘導磁界発生装置より発した磁力線を地上にて誘導磁界検出装置により計測するもので、磁力線が誘導磁界検出装置のコイルを通過すると電流が流れ、そのときの誘起電圧は、先導体の直上（真上）が最も小さくなる特性を利用して水平位置を計測している。

実際の計測には、２個の電磁コイルを搭載した誘導磁界検出装置を用い、両コイルの中心を推進基準線に合わせ誘起する電圧を測定する。

このとき、誘導磁界検出装置における誘起電圧の分布は、図ー２に示すように誘導磁界発生装置直上を境に左右対称に増加していく。

先導体（パイプ）が推進基準線にある場合は、左右の測定値は同一となり、どちらかにずれている場合は、その測定値に差が生じる。水平位置は、その差を比例計算することにより求められる。

電磁法による位置計測状況を写真ー１に示す。

2.2 液圧差法方式

液圧差法方式は、先導体（パイプ）内部に搭載した圧力センサと立坑部に設置した基準圧力センサ、両方のセンサに液体を供給する液槽、深度を演算し運転操作盤に表示する表示部等から構成されている。

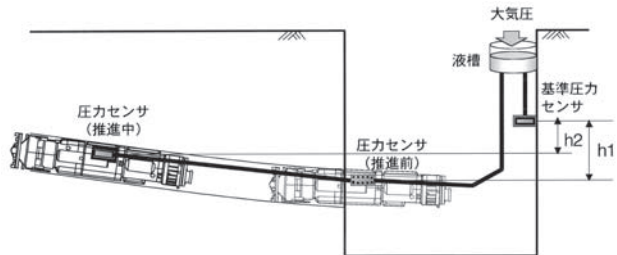
計測原理は、図ー３に示すように、推進前に立坑部に設置した基準圧力センサと先導体（パイプ）内部に搭載した圧力センサとの圧力差から算出した高低差 h_1 と先導体（パイプ）が移動した時、同様に算出した h_2 との差より先導体（パイプ）の垂直位置を計測するものである。

2.3 現状位置計測技術の課題

現状の位置計測技術において、垂直方向の位置を計測する液圧差法方式は、測定可能深度も約 15m 程度で自動計測となっているため、施工環境の影響を受けることはないが、水平方向の位置を計測する電磁法方式は、以下の技術的課題がある。



写真ー１ 電磁法位置計測状況



図ー３ 液圧差法方式計測原理

- ・現状技術での適用土被りは8 mであるが、推進土被りが深くなると、誘導磁界発生装置から発する磁力線が地上まで届かなくなるため、適用土被りが制限される。
- ・地中埋設物が輻輳している現場及び軌道近傍でノイズが発生している現場では、磁力線の伝達を阻害するため、正確な位置計測が困難となる。
- ・曲線区間部に河川、軌道越し等がある場合は、電磁法による位置計測が不可能である。
- ・位置計測作業は誘導磁界検出装置を使用した路上作業であるため、交通が頻繁な個所での計測が困難である。

3. 新曲線位置計測技術(prism)概要

ここでは、前述した現状の位置計測技術の課題を解決するために開発し、導入した新曲線位置計測技術(prism)について紹介する。

3.1 システム概要

本システムは、エースモール工法の特徴の1つである曲線推進に対応した新しい位置計測方式で、発進立坑内に設置したレーザ発振器から投射されたレーザ光を推進管内に一定間隔で設置した中間プリズムユニットにより屈曲させることで高精度に先導体の位置を計測するものである。

システム構成は、レーザ発振器から投射されたレーザ光を曲げて中間プリズムユニットに投射する「基準プリズムユニット」、推進管内に設置し、基準プリズムユニットと受光器ユニット間でレーザ光を屈曲させながら中継する「中間プリズムユニット」、先導体に搭載し、最終的にレーザ光を受光し先導体の位置を計測する「受光器ユニット」及び各種の計測指示を行う「操作制御盤」と各装置に電源を供給する「計測コントロール盤」となっている。図-4にシステム構成を示す。

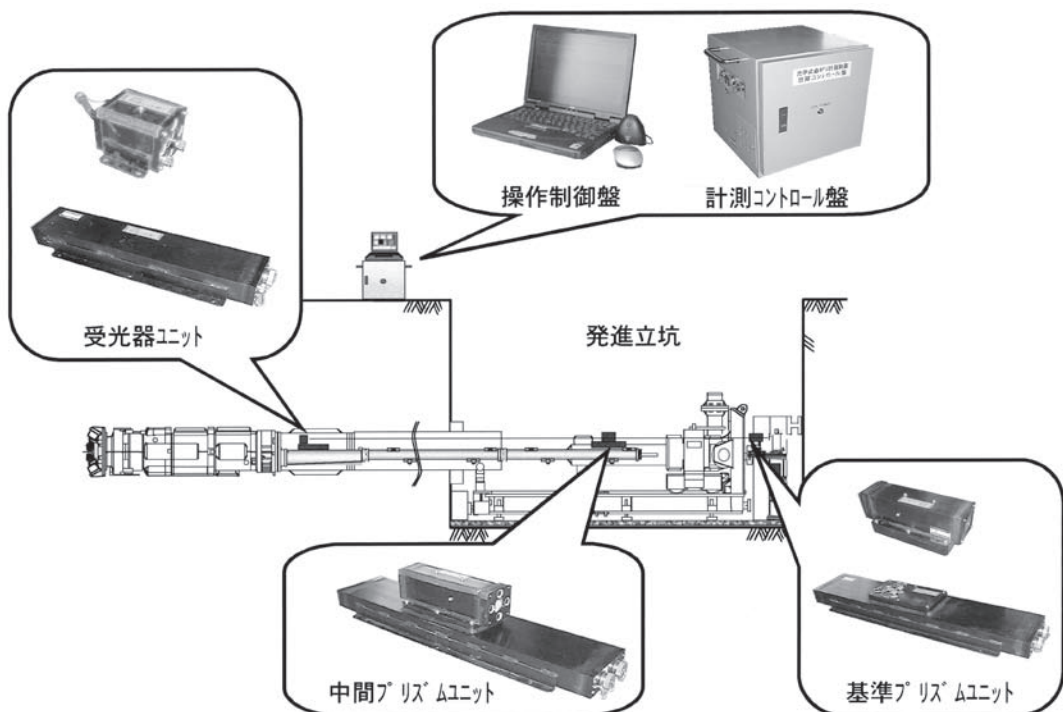


図-4 システム構成

3.2 計測原理

現行の直線測量時におけるレーザ・ターゲット方式と同様にレーザ発振器を発進立坑内に設置し、レーザ光を投射する。レーザ発振器直前には基準プリズムユニットを設置し、曲率半径および曲線長により、あらかじめ設定された中間プリズムユニットを推進管内に一定間隔で設置する。

先導体に搭載している受光器ユニットと中間プリズムユニットの受光面には上下左右に光電センサを搭載しており、位置計測を開始すると1つ前の中間プリズムユニットでレーザ光が常に受光部(面)の中心になるように移動させる。

その時にできた各々の屈曲角と距離を算出、加算することによって、先導体の位置をリアルタイムに計測する。

計測原理を図-5、計測結果の表示画面を図-6に示す。

本システムを適用することで、電磁法による位置計測で課題となっていた推進土被りの制限及び周辺磁界、埋設物等の影響等に左右されることなく推進精度を確保でき、連続位置検知が可能で路上測定による危険作業も回避できる。

3.3 適用条件

本システムは、以下のような条件に適用する。

- ・電磁法による適用土被り(標準8m)を超える場合
 - ・河川越し、軌道越し及び車両等が頻繁に通行し、電磁法による路上での計測作業が不可能な場合
 - ・電氣的ノイズが発生する場所を推進する場合
- 標準的な適用条件を表-1に示す。

4. 技術検証実験

施工現場での適用に先立ち新曲線位置計測技術(prism)の計測精度を検証するためにフィールドで実験を行った。

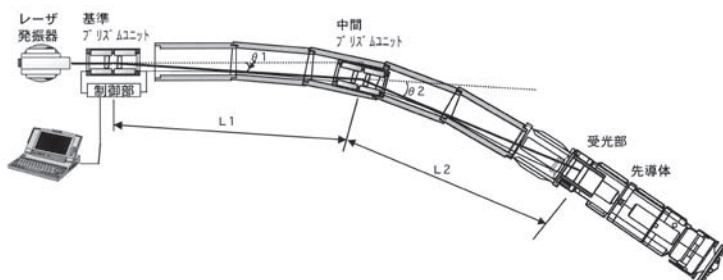


図-5 計測原理

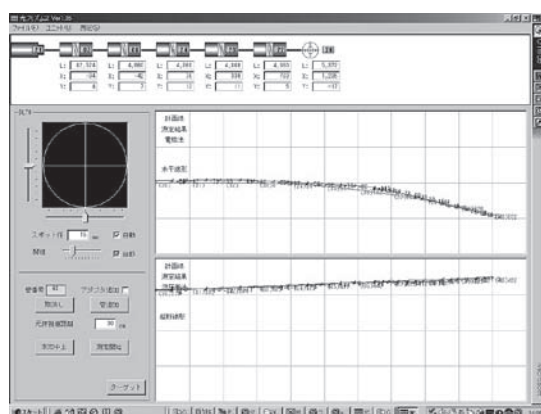


図-6 表示画面

表-1 適用条件

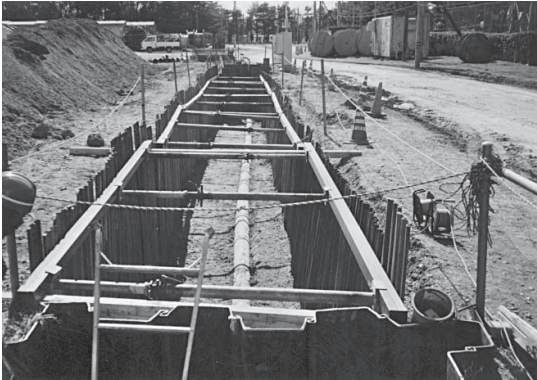
項目	適用条件
呼び径	φ400以上 (エースモールDL50、DL70適用)
推進延長	150m以下 ※BC点～到達間の距離により個別検討
曲率半径	150m以上 ※適用外の場合は個別検討

4.1 実験概要

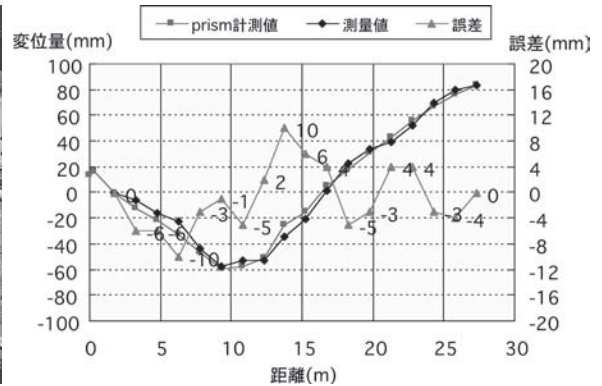
『エースモールD L工法』において掘削土(泥土)の圧送用に使用している排土管に中間プリズムユニットを固定し、フィールド内の既設埋設管内を移動させ位置を計測した。計測後は、既設埋設管を掘り起こし、計測精度を確認した。

〔実験概要〕

- ・スパン長：28m
- ・既設埋設管：φ250mm鋼管



写真一 2 既設埋設管開削状況



図一 7 検証結果

計測後に掘り起こした既設埋設管の状況を写真一 2 に示す。

4. 2 実験結果

検証結果を図一 7 に示す。

既設埋設管は幾分、蛇行していたが、prismでの計測値と掘り起こした後の測量値がほぼ一致している。計測誤差は±10mm以内で精度よく計測できており、現場での適用に十分な計測精度を有していることが確認できた。

5. 施工事例

新曲線位置計測技術(prism)は、表一 2 に示すようにこれまでに17スパン、1.85kmの施工実績がある。

ここでは、昨年、東京都内で採用された施工事例を紹介する。

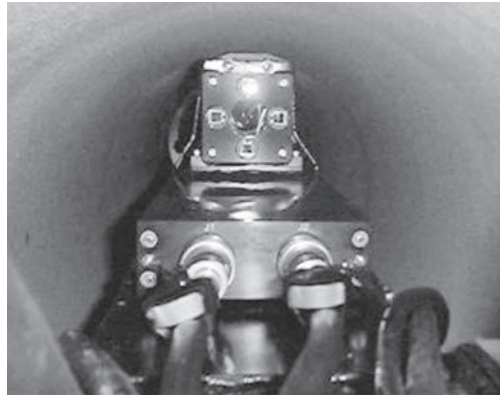
本工事は全体で16スパン、約1.6kmの工程で、施工現場は、地形の高低差が激しく、道路線形

表一 2 施工実績表

NO	施工年月	施工場所	推進延長(m)	曲率半径(m)	prism採用条件
①	H13.11	愛媛県	89.7	200	路上鋼管敷設
②	H14.2	兵庫県	129.1	150	既設BOXカルバート(曲線区間)横断
③	H14.9	山形県	95.5	298	河川(曲線区間)横断、高土被り
④	H14.11	埼玉県	173.5	150	高土被り
⑤	H15.2	東京都	107.1	200	高土被り
⑥	H15.5	愛媛県	80.9	130	既設ヒューム管(φ1,100mm)下越し
⑦	H15.7	茨城県	79.0	130	既設ダクトイル管(φ600mm)下越し
⑧	H15.10	東京都	105.5	200	高土被り
⑨	H15.11	大阪府	104.5	200	既設BOXカルバート(曲線区間)横断
⑩		東京都	115.6	200	高土被り
⑪		大阪府	139.6	150	鉄筋コンクリート路盤
⑫		東京都	74.3	200	高土被り
⑬			102.6	200	高土被り
⑭	H16.1	福岡県	48.7	100	高土被り
⑮		茨城県	126.2	200	高土被り
⑯	H16.4	岩手県	128.8	100	河川(曲線区間)横断
⑰	H16.5	長野県	147.3	200	高土被り
計		17スパン	1,847.9		



写真－３ 施工現場状況



写真－４ 設置状況

が緩やかに蛇行しており、推進土被りが最大で17.6mと深くなることから、立坑数を極力減らすために長距離・曲線施工が可能な『エースモールDL工法』が採用され、曲線区間の位置計測は、推進土被りに影響されず位置計測が可能な新曲線位置計測技術(prism)が5スパンに採用された。

〔工事概要〕

- ・推進管径： $\phi 400\text{mm}$
- ・推進延長：517.8m（5スパン）
- ・曲率半径： $R=150\text{m}$ 、 200m
- ・推進土被り：11.0m～17.6m

採用された5スパンは、推進土被りが最大で17.6mと非常に深く、高い推進精度が要求されたが、各スパンとも垂直・水平とも $\pm 30\text{mm}$ 以内の高精度で推進を完了した。

施工現場状況と設置状況を写真－３、４に示す。

6. おわりに

本稿では、新曲線位置計測技術(prism)のシス

テム概要、計測原理及び施工事例等について紹介したが、前述したように適用呼び径、適用曲率半径等に制約があるため、今後も小口径管推進工法における曲線施工の需要増に対応するために、推進精度の更なる向上と適用条件の拡大を図り、下水道整備事業に貢献していく所存である。

〔参考文献〕

- 1) エースモール工法協会；エースモールDL工法技術資料 平成16年4月
- 2) 伊藤雄二；岩盤・玉石砂礫地盤における高深度小口径管曲線推進施工 月刊推進技術 Vol.18 No.5 2004

○問い合わせ先

アイレック技建(株) 筑波技術センタ
前田 公洋

〒300-3261 茨城県つくば市花畑2-12

TEL/FAX：029-864-3555 / 029-864-4044

E-mail：maeda@airec.co.jp