

太径曲線パイプルーフ工法による非開削大断面地下空間構築工法（その7） ～孔内変位計による縦曲線位置計測技術の要素試験～

鉄建建設(株) 正会員 齋藤 雅春 正会員 ○伊藤 康裕 中村 征史
鹿島建設(株) 白井 俊輔 大成建設(株) 近藤 高弘 コマツ地下建機(株) 村上 嘉彦

1. はじめに

近年、都市部の道路トンネル分岐合流部に太径曲線パイプルーフ工法を用いて、隣接するシールドトンネルを連結し地下構造物を構築する技術が採用されている。しかしながら、工事中のシールドトンネル内部の狭隘空間から曲線管の先端および軌跡の位置を計測することは高度な技術が要求される。そこで、筆者らは当該工事に適用可能な位置計測技術の開発を試みた。本稿は、その試験結果と本技術の曲線推進施工の位置計測技術への適用性について報告するものである。

2. システム概要

呼び径 800 曲線管施工において計測器が故障した場合、狭隘で急勾配の鋼管内に作業員が立ち入り、修理・交換作業を行うことは困難である。このため、取付けた計測器をいったん発進側の所定の位置にて回収する必要がある。そこで、本システムは鋼管内に専用の計測管を設置し、節構造の計測器の外部に剛性を有する保護ケーシングを設け、引抜、再挿入作業を可能とする構造とした。また、孔内変位計には、ピッチングおよびローリング量を検出する傾斜計を内蔵しており、急勾配であっても補正処理により計測精度を確保できる。

3. 計測原理

計測方法は、発進基地に相当する計測器の連結作業箇所、節構造の孔内変位計 2 台を連結の都度、トランシットにより 4 点 ($P_{n-1} \sim P_{n+2}$) 視準し、これらの中間点の折れ角 (θ_n, θ_{n+1}) を算出の上、初期値とする。これ以降は、延伸に伴い変化する折れ角を相対量として検出し、検出角度およびロッド長に基づきベクトル加算することで先端位置座標を算出するものである。

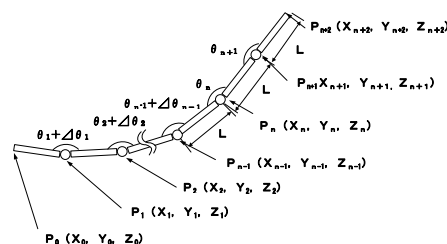


図-1 計測概念図

4. 試験概要

本試験では、節構造の折れ角を相対的に測定する計測器を連結して、呼び径 800、曲率半径 16m、円弧長 12m の下向き縦曲線推進時を模し、この時の先端位置を計測し、本システムの計測精度、再現性、操作性、機能性などを検証した。試験設備は、写真-1 に示すように鋼管内に設置する計測管を模した溝形鋼 ($[-150 \times 150 \times 3.2]$) を曲率半径 16m で配置した。

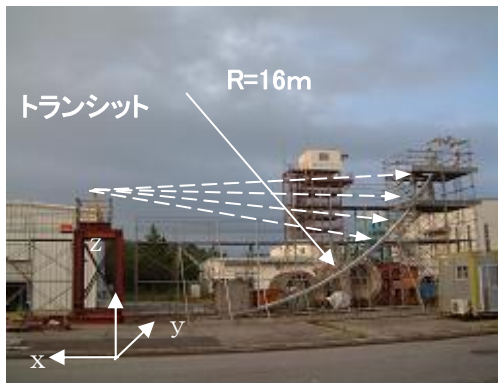


写真-1 試験設備



写真-2 孔内変位計

キーワード 太径曲線パイプルーフ工法、孔内変位計、位置計測、節構造、縦曲線

連絡先 〒101-8366 東京都千代田区三崎町 2-5-3 鉄建建設(株) エンジニアリング本部エンジニアリング企画部 TEL 03-3221-2243

写真－２に示す孔内変位計（L=1.5m）を２台一組で順次、接続、延伸しながら、連結位置においてトランシットで４点視準し、その位置座標値を得る。このデータおよび既に延伸した孔内変位計の角度データにより、先端部の位置座標を算出する。一方、トランシットにより直視で先端位置を視準し、この両者の値を比較し誤差とした。

また、1.5mの計測ロッドを８セット延伸し、先端位置を計測後、一度、挿入口で回収作業を行い、再度、同数延伸後、再計測し、その再現性を確認した。

5. 試験結果および考察

①変位計の計測結果とトランシット測量による先端座標の誤差

４回実施した試験結果をまとめ、写真－１に示すx，y，zそれぞれの誤差の最大・最小・平均を表－１に示す。

３方向の誤差のうち鉛直方向であるz成分が大きい。そこでz方向を水盛式沈下計などで補完すれば、誤差はx，y方向の分のみとなるため、誤差は緩和されると考えられる。

②ロッド数と誤差の関係

ロッド数と先端位置座標値の誤差の関係を図－２に示す。

図－２より計測距離の延伸に伴って誤差が発散あるいは１方向に拡散するような、誤差の指向性は特に認められない。

③計測に関わる作業時間

各作業時間は表－２に示すとおりであった。

18m地点で故障が発生した際に、孔内変位計交換に伴う作業時間は以下により試算される。

変位計を引き抜き、再設置を行う時（例：推進管本数N＝6本の場合）

$$N \times T_c + N \times (T_A + T_B) \dots\dots\dots (1)$$
$$= 6 \times 7.5 + 6 \times (5 + 5) = 105 \text{ (分)}$$

④孔内変位計の再現性

12m延伸時の再現性の計測結果を表－３に示す。

試験結果によれば、x方向の誤差が最も大きく、y，z方向については、ほぼ同量の結果となっている。この要因としては、初期ベクトルとなる延伸箇所での測量精度が大きく関与していることが考えられる。また、更なる再現性を高めるためには、先端部が所定位置に固定される構造とする必要がある。

6. まとめ

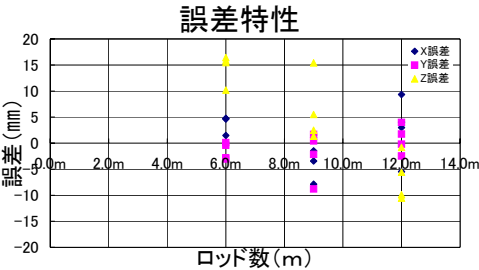
以上の結果、隣接するシールド相互を曲線鋼管推進により連結するランプ部への適用にあたって、約20mで水平、鉛直方向共に位置計測誤差が30mm以内に収斂することが判明した。このことから、鋼製セグメントのリブ構造を考慮した施工上の許容誤差である±50mm以内を満足しており、適用性があると判断される。

また、故障時の孔内変位計の復旧作業時間は推定105分で、管内に入坑することなく発進側の所定の位置での作業のみで対応可能であり、位置計測の再現性も高いことが確認された。

今後は、さらに改良を加えることにより、節構造の孔内変位計の特長を最大限に生かした、小口径用の計測システムとして、実施工への適用を目指して、技術の深度化を図りたいと考える。

表－１ 誤差の最大・最小・平均

	Δ x	Δ y	Δ z
最大値	4.7 mm	−2.8 mm	16.4 mm
最小値	−3.4 mm	0.4 mm	2.5 mm
平均	1.3 mm	−1.0 mm	4.6 mm



図－２ ロッド数と誤差の関係

表－２ 作業別所要時間

作業内容	所要時間	備考
T _A 変位計設置 (推進管１本分)	５分	1.5mロッド×2セット
T _B 測量・データ入力・計測	５分	測量点４ヶ所
T _C 変位計引き戻し (推進管１本あたり)	7.5分	計器の故障交換を想定した作業

表－３ 再現性計測結果

CASE		x (m)	y (m)	z (m)	x 誤差 (mm)	y 誤差 (mm)	z 誤差 (mm)
No. 1	1 回目	−7.1709	−0.0091	−3.6873	13.62	−5.62	9.71
	2 回目	−7.1845	−0.0035	−3.6970			
No. 2	1 回目	−7.1786	−0.0032	−3.6883	−1.43	3.30	4.31
	2 回目	−7.1772	−0.0065	−3.6926			