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 10）
～孔内変位計による上向き縦曲線位置計測確認試験～

鉄建建設㈱　正会員　○伊藤　康裕　中村　征史　松井　健司
鹿島建設㈱　白井　俊輔　大成建設㈱　近藤　高弘　コマツ地下建機㈱　村上　嘉彦

１．はじめに

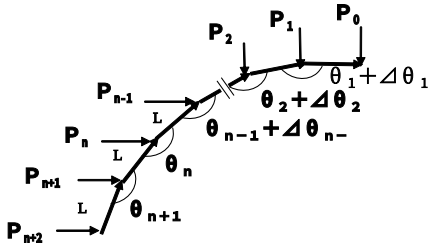
近年、都市部の道路トンネル分岐合流部に太径曲線パイプルーフ工法を用いて、隣接するシールドトンネルを連結し非開削で大規模な地下空間を構築する技術が注目されている。しかしながら、工事中のシールドトンネル内部の狭隘空間から曲線管の先端位置および軌跡を計測するには高度な技術が要求される。そこで、筆者らは下向き施工用に開発した孔内変位計を上向き施工に適用した場合について確認した。本稿は、その試験結果と本技術の曲線パイプルーフ施工の位置計測技術への適用性について報告するものである。

２．システム概要

呼び径 600 曲線パイプルーフ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修理・交換作業を行うために作業員が立ち入ることはできない。そこで、取付けた計測器間を連結バーで接続し、発進側の所定の位置で回収できる構造とした。また、孔内変位計は、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が可能な構造としている。

３．計測原理

計測方法は、節構造の孔内変位計 2 台を連結の都度、トータルステーションにより 4 点（P_{n-1}～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。

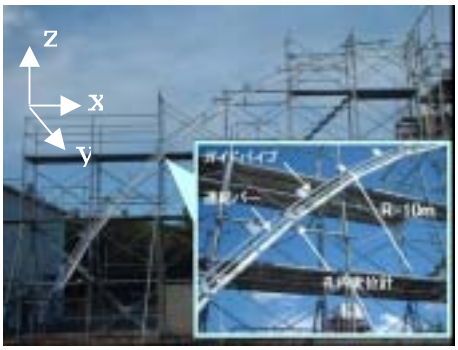


図－１　計測概念図

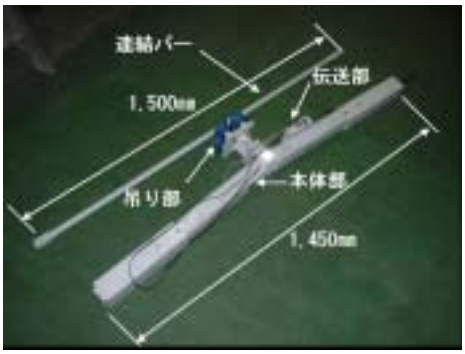
４．試験概要

本試験では、写真－１に示すように曲率半径 10m、円弧長 12mの上向き縦曲線にガイドパイプを配置し、折れ角を相対的に測定できる写真－２に示すような、節構造の孔内変位計（L=1.5m）を掘進方向に 2 台 1 組で接続、延伸しながら、連結位置においてトータルステーションで 4 点（両端、折れ点）視準し位置座標値を得る。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を基に先端位置座標を算出する。一方、トータルステーションにより直視で先端位置を視準し、この両者の座標値を比較し計測誤差とした。

また、1.5mの計測ロッドを 8 台延伸し、先端位置を計測後、一度、延伸箇所で回収作業を行い、再度、同数延伸後、再計測し、その操作性および再現性を確認した。



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
連絡先　〒101-8366　東京都千代田区三崎町 2-5-3　鉄建建設㈱　土木本部土木部　ＴＥＬ03-3221-2166

５．試験結果および考察

①先端座標の誤差

8 回実施した試験結果をまとめ、ｘ（掘進方向），ｙ（水平方向），ｚ（鉛直方向）それぞれの位置座標誤差の最大値・最小値・平均値を表－１に示す。3 方向の誤差のうち水平方向のｙ成分が大きい。今回、実施工を想定して、側方から視準した結果、誤差が鉛直方向より大きく出たものと思われる。

表－１　誤差の最大・最小・平均

		ΔX	ΔY	ΔZ
先端座標 (L=12.0m時)	最大値	-2.5㎜	11.7㎜	-18.6㎜
	最小値	-1.6㎜	-2.8㎜	-2.5㎜
最大値（座標成分ごと）		0.3㎜	19.3㎜	10.0㎜
最小値（座標成分ごと）		-10.3㎜	-19.5㎜	-18.6㎜
平　　均		-3.8㎜	-0.3㎜	-0.1㎜
標準偏差(σ)		3.3㎜	10.0㎜	6.5㎜
平均±２σ		－10.4～2.8㎜	－20.3～19.7㎜	－13.1～12.9㎜

②延伸長と誤差の関係

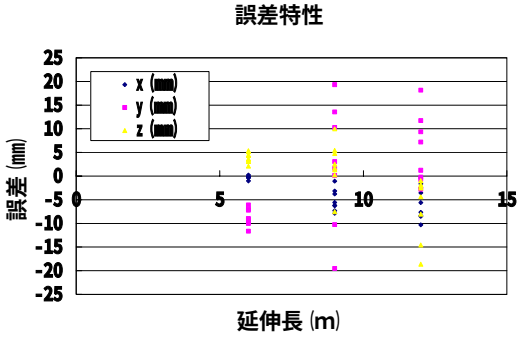
延伸長と先端位置座標値の誤差の関係を図－２に示す。 図－２より孔内変位計の増加に伴って誤差が発散するような傾向が認められる。

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。

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）	3.5 分	計器の故障交換を想定した作業



図－２　延伸長と誤差の関係

12m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のとおり試算される。

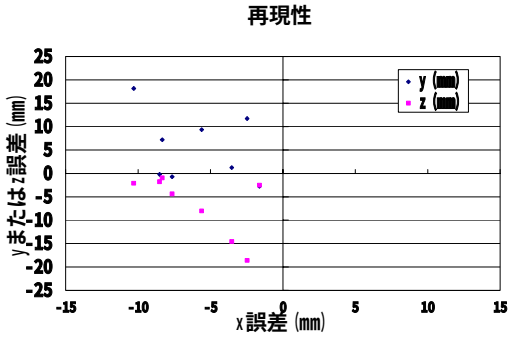
変位計を引き抜き、再設置を行う時（例：推進管本数ｎ＝4 本,L=3mの場合）

$n \times T_C + n \times (T_A + T_B)$　　・・・・・・・・(1)

＝4×3.5＋4×(5＋5)＝54（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図－３に示す。計測軸（ｘ座標）がすべて－方向に計測軸直角方向（ｙ座標）は＋方向、鉛直方向（ｚ座標）は－方向にそれぞれ偏る傾向が見受けられる。この要因として、機械的な特性も考えられる。しかし、各成分とも±20㎜の範囲内での再現性は確保されている。



図－３　再現性計測結果（12m時）

６．まとめ

以上の結果から、前回の曲率半径 16m下向き計測に対して、曲率半径 10m上向き計測への移行にともない、機器の回収方式をタイヤ走行式から吊り下げ式に変更したが、前回とほぼ同等の誤差内に収まる結果を得た。

今後は、計測器先端部の接続・解除機構を立案・検証し、より一層の高い再現性を確保することと、計測器の再設置時の管内への挿入装置の開発を目指したいと考える。

参考文献

1)　松本・宮崎　他，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 6），土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.9

2)　伊藤・齋藤　他，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技術（その 7），土木学会第 60 回年次学術講演会，2005.9