

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3）

～ 実大規模実証実験（計測手法と掘進制御実績）～

鹿島建設(株) 正会員 ○岩下 善一郎, 神尾 正博
 鉄建建設(株) 十二 正義, 江原 宏
 コマツアイエムエンジニアリング(株) 山本 善久, 清水 伸昭

1. はじめに

本稿では、並行する2本のトンネル間を、トンネルに直交するアーチ状のパイプルーフで上下を接合し、2本のトンネルを切広げて構築する非開削地下大断面構築工法の主要技術となる「太径曲線パイプルーフ工法」の実証実験における計測手法と掘進制御に関する結果と考察を記す。

2. 掘進位置の計測手法と適用性

本工法における重要管理項目のひとつとして、パイプルーフ掘進機（写真－1）の姿勢および位置の把握が挙げられる。これらをより高精度に計測して計画線形を確保することが本工法の成否を左右するものと考えられることから、目的に合わせて種々の計測手法を試行し、それぞれの適用性を比較検討した。

(1) 姿勢計測

土中における掘進機の姿勢を計測する目的で、推進工法やシールド工法において一般的に採用されている「傾斜計」および「ローリング計」を掘進機の前導管中折れ部の後方に装備した。

(2) 位置計測

土中における掘進機の位置を計測する手法として、以下に示す計器・方法を試行し、その性能・効果を評価した。

① ジャイロ計測システム（写真－2）

パイプルーフ内に設けた計測管にレートジャイロを挿入して、角速度を検出・積分処理してパイプルーフの線形を3次元計測する方法である。計器設置スペースの関係上、計測頻度は3m毎（鋼管1本押し切り後）となる。

② 水レベル計

発進立坑側に基準タンクを設け、掘進機内に設置した圧力計（写真－3）で検出される液圧から鉛直方向の相対変位を計測する方法である。



写真－1 パイプルーフ掘進機



写真－2 ジャイロ計測



写真－3 水レベル計



写真－4 レーザー照射器

③レーザー&ミラー方式

掘進機内にレーザー照射器（写真－4）、パイプルーフ内に反射ミラーを設置し、直進するレーザー光を反射させて発進側の元押し装置後方まで導くことで掘進機の水平変位を計測する方法である。

(3)適用性

当初試行したジャイロ計測では運転制御に活かせるリアルタイムの計測結果が得られなかった。そこで、水平方向をレーザー&ミラー方式、鉛直方向を水レベル計による計測手法に変更した結果、計測精度の向上に加えてリアルタイム計測も可能となり、前述の姿勢計測と併用することで掘進機先端での挙動予測およびパイプルーフの線形管理を迅速かつ高精度に行うことが可能となった。

3. 掘進制御と到達精度実績

本実験では、パイプルーフの目標到達精度を水平方向で±50mm、鉛直方向で±100mmとした。これを満足するための掘進制御方法として、①下部架台の方向制御装置およびローリング防止装置 ②掘進機の中折れ機構（全方向±3°）による姿勢制御 ③鋼管引き戻し・再掘削を複合的に組み合わせた。

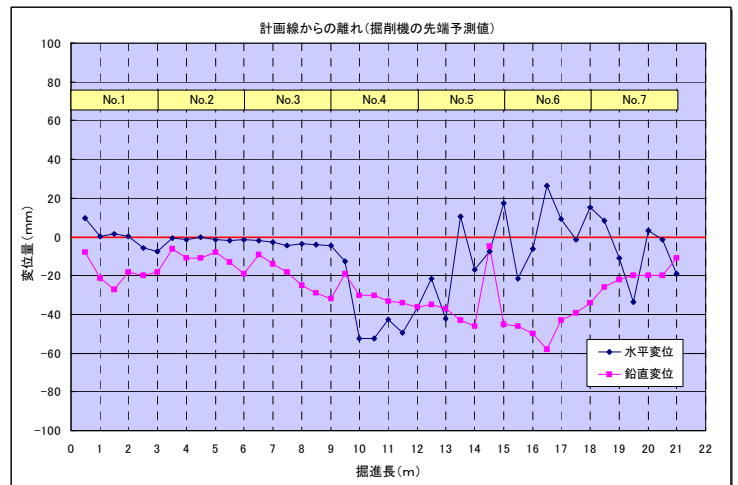
鋼管2本（掘削長6m）程度までの掘進初期時には、①を主体に用いることで地山貫入部での線形確保・蛇行抑制が可能であるが、それ以降の掘進では同様の効果は得られず、②および③の手法を用いたローリング修正並びに蛇行修正を行って、計画線形および目標到達精度を確保することができた。特に掘進機のローリングは、計測精度や線形に大きく影響を及ぼすため、線形を確保する上でこれを抑制・修正する掘進制御および掘進管理が重要であるとの知見が得られた。掘進精度の実績結果を図－1、到達精度の実績結果を表－1、到達状況を写真－5に示す。

4. おわりに

本実験により「太径曲線パイプルーフ工法」の実用化に向けた計測方法と掘進制御に関する様々な知見を得ることができた。引き続き、施工性・安全性・確実性に優れた工法技術として確立すべく、技術開発を推進する所存である。

参考文献

- 1) 吉川正, 加藤誠, 永岡高 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1) 土木学会第59回年次学術講演会 2004.9 (投稿中)
- 2) 鶴田浩一, 小野大我, 松井健司 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2) ~実大規模実証実験 (全体概要とサイクルタイム)~ 土木学会第59回年次学術講演会, 2004.9 (投稿中)



図－1 掘進精度実績（第5列）

表－1 到達精度実績

	水平方向 (右: +, 左: -)	鉛直方向 (上: +, 下: -)	結果
①第1列	-90mm 【ジャイロ計測】	-222mm 【ジャイロ計測】	水平・鉛直方向ともNG
②第3列	-258mm 【ジャイロ計測】	+30mm 【水レベル計】	水平方向: NG、鉛直方向: OK
③第2列	-11mm 【レーザー&ミラー方式】	-5mm 【水レベル計】	水平・鉛直方向ともOK
④第4列	-22mm 【レーザー&ミラー方式】	-35mm 【水レベル計】	水平・鉛直方向ともOK
⑤第5列	-19mm 【レーザー&ミラー方式】	-47mm 【水レベル計】	水平・鉛直方向ともOK
目標精度	±50mm	±100mm	—



写真－5 到達状況