

実物大掘進機を用いた曲線パイプルーフの実証実験

大成建設（株）東京支店 正会員 大西 亮平 伊藤 潤
正会員 ○亀岡 廉 四十物 賢人

1. はじめに

都市部における道路トンネルの分岐合流部では地上への影響を低減するため、非開削切上げ工法を採用する事例が増えている。当社では2本のシールドトンネルを非開削切上げ工法により拡幅し、分岐合流部を構築するプロジェクト（以下、本PJと称す）を計画している。切上げを行うシールドトンネルと地山を先行支保することを目として、本PJでは「曲線パイプルーフ工法」を採用している。曲線パイプルーフ工法は図1に示すように、支保構造としての曲線鋼管を推進工法により構築するものである。トンネル内から支保構造を構築できるため、発進基地を新たに設けることなく施工できるメリットがある。

本PJの曲線パイプルーフの施工条件として、①曲線パイプルーフの仕様：小口径（ $\phi 516\text{mm}$ ）、急曲線（曲率半径 $R \leq 10\text{m}$ ）、最大延長 14m、②掘進全長にわたり地盤改良体および直径 450mm 以上の玉石混じり地盤である、③到達側に施工スペースが無く掘進機の引戻し施工となることが挙げられる。上記のような複合した条件において施工実績が無いことから、実験工事を行い、①玉石混じり礫層における小口径曲線パイプルーフの施工実現性および②先行支保材として接続のため掘進長の 1/100 以下の精度確保できることを確認する必要がある。

本稿は実際の地盤を模擬した掘削地盤において、実物大の掘進機および曲線鋼管を用いた実証実験について示すものである。

2. 実物大掘進機を用いた掘進実験

実験の掘進イメージを図2に示す。掘進は掘削地盤に隣接した発進立坑から到達立坑まで行い、到達後に掘進機引戻しを行った。以下に実験の概要について示す。

（1）掘削地盤

本PJの対象地盤は江戸川層の砂礫地盤（Edg：N値 50 以上、Eds：N値 19）の高圧噴射攪拌工法による全面改良体であり、最大径 450mm 程度の玉石が存在する。実験では地盤改良体の一軸圧縮強度および比重を模擬した充填材と玉石（図4）を用いた。掘削地盤造成の様子を図3に示す。掘削地盤は延長 12.0m×幅 8.4m×高さ 5.9m であり、曲線パイプルーフの掘進長が 14m 程度確保できる大きさとした。玉石は発進するレーン毎に設置の有無を変更し、曲線パイプルーフの計画線形に合わせた配置とした。

（2）曲線パイプルーフ鋼管

本PJに用いる曲線パイプルーフ鋼管は外径 508mm～516mm、厚さ 22mm～26mm、曲率半径 8.5m、鋼管長 1.8m の厚肉鋼管となっている。鋼管同士は溶接で接続するが、鋼管の継手部分内面をできるだけ平滑にする

キーワード 分岐合流部、切上げ工法、曲線パイプルーフ、印籠継手、玉石

連絡先 〒163-6008 東京都新宿区西新宿 6-8-1 大成建設東京支店 TEL03-3348-1111

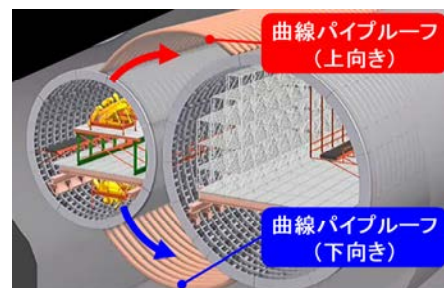


図1 曲線パイプルーフ工法

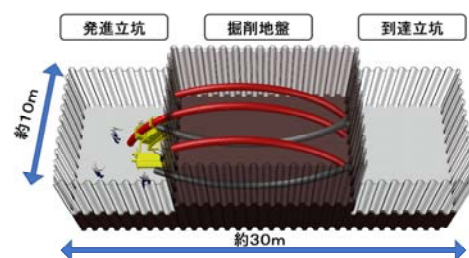


図2 掘削実験イメージ



図3 掘削地盤の造成状況



図4 用いた玉石

必要があった。これは掘進機の引戻しに障害となるものを極力減らすためである。継手の形状は開先加工部の裏当てを変え2種類試みた。図5に示すように上向きでは当て金方式、下向きでは印籠方式を採用し、引戻しの施工性について比較を行った。

(3) 元押し装置と掘進機

掘進機は曲線下において玉石破碎と引戻しの機能を有する必要があった。元押し装置と掘進機を図6、図7に示す。掘進機は泥水式を採用し、玉石を破碎し取込める機構とした。掘進は鋼管の内側へセットした掘進機を元押し装置で押すことにより行う。掘進後はカッター部を格納し、送排泥管を利用して掘進機を回収する。

3. 実験で取入れた新たな技術

実験では曲線パイプルーフの確実な施工および線形確保のため、以下の技術を取り入れた。

(1) 小型ジャイロを用いた線形管理

パイプルーフ鋼管は径が小さく人が入れないことから、人為測量による掘進管理ができない。掘進方向を把握するため、掘進機の後方に小型ジャイロを搭載し先端位置・方向をリアルタイムに座標計測した。計測結果は常にモニターに表示し、現在位置および到達時の予測位置を把握することで、方向修正を行いながら掘進管理を行い、高精度の到達を試みた。

(2) 継手溶接時の鋼管変形モニタリング

本PJでの鋼管は厚く、継手面において溶接熱により発生する変形が大きいことが予測された。変形が極端に不均等であった場合、掘進精度悪化や掘進機引戻し不可となる可能性があった。そこでパイプルーフ鋼管溶接時の熱ひずみ量をリアルタイムで計測できる脱着式の溶接ひずみ計測治具を開発し、継手部に発生する溶接変形を確認しながら施工を行った。溶接ひずみ計測治具の写真を図8に示す。変形量をリアルタイムに表示することで、溶接の中断および変形対策を可能とした。また、溶接のリアルタイム計測に加え、溶接作業は左右半円ずつに分けて2人1組で対角同時に施工を行い、溶接熱による変形が鋼管断面に均等に生じるような対策を行った。

4. 実験結果

掘進中は模擬地盤充填材や玉石の排出礫寸法は20mm以下であり、送排泥管の閉塞もなく安定的に施工が可能であった。また、許容到達施工誤差（掘進長の1/100）に対し、施工誤差は上向きで1/115、下向きで1/220であり許容値以内の結果が得られた。ジャイロが示す現在位置および到達予測位置を確認し、方向修正を行いながらの施工を行ったことが高精度の到達を可能とした。引戻しにおいては印籠継手を採用したケースにおいて、一度も引掛かることなく掘進機を回収することができた。

5. まとめ

本PJにおける条件を実物大で再現し、曲線パイプルーフ工法の適用性を図るため掘進実験を行った。ジャイロシステムや印籠継手、引抜き機構等を取り入れることにより、安定した掘進、引抜きおよび目標精度以内の施工が可能であることを確認した。本実験で得られた知見を活かし、本PJではさらなる品質向上の取組みを行う予定である。

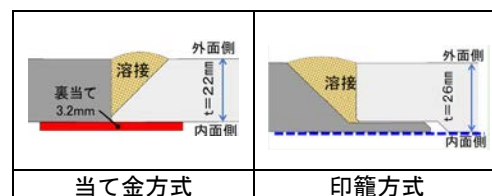


図5 鋼管の継手方式

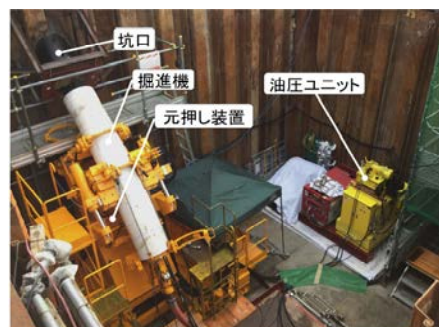


図6 上向き実験状況



図7 下向き実験状況



図8 溶接ひずみ計測治具