

ドリルジャンボを使用した超長尺大口徑鋼管先受け工法の開発

西松建設 正会員○山下 雅之, 亀谷英樹, 石山宏二
ドリルマシン 塚田 純一, 小坂満宣

1. はじめに

山岳トンネルにおいて既設道路や地中構造物等の直下を掘削する際、トンネル掘削に伴う地山の変形・沈下がこれらの既設構造物に重大な影響を及ぼす恐れがある。そのような場合、切羽安定対策のための補助工法として長尺鋼管先受け工法（AGF 工法）が採用されることが多い。AGF 工法は、削岩機が搭載された施工機械のドリルジャンボで $L=12.5\text{m}$ の鋼管（ $\phi 114.3\text{mm}$ ）を複数シフト打設するのが一般的であるが、更なる変形・沈下抑制、加えて工期・工費縮減を目指し、1 シフトが 20m を超える超長尺鋼管打設の実施事例も増えている。

超長尺鋼管先受け工法の実施にあたり、さらに厳しい地山の変形・沈下抑制対策が必要な場合には剛性のより高い大口徑鋼管（たとえば $\phi 139.8\text{mm}$ ）を打設するパイプルーフ工法が適用される。しかし、それには専用の削孔機械や作業員を別途準備する必要があるため、施工効率の低下・コスト増加や工程の長期化は避けられない。

今回、このような大口徑鋼管を AGF 工法のようにドリルジャンボを使用して簡便かつ迅速に超長尺打設する手法を開発した。本稿では開発工法の概要を紹介するとともに、試験施工の結果についても報告する。

2. 工法の概要

開発した工法（LL-Fp 工法：Long distance and Large caliber Forepiling method）は、ドリルジャンボを使用した大口徑鋼管（ $\phi 139.8\text{mm}$ ）の超長尺打設および鋼管からの地山注入により、掘削時のより高い沈下抑制・切羽安定効果を期待するものである（図 1）。また、施工機械の使用により、専用の削孔機を使用する従来工法よりも低コスト・工期縮減を実現した。

本工法の特徴を以下に示す。

①削孔能力の向上

大口徑鋼管の長尺打設に必要な削岩機の回転トルクを確保するため、写真 1 に示すような標準型の 3 倍程度の容量を有する大容量回転モーターを導入するとともに回転油圧回路も改造し、最大回転トルクを標準型の 4.5 倍程度まで増加させた。

②専用の削孔ビットの製作

ドリルジャンボによる大口徑鋼管打設が可能な専用のリングビット（ $\phi 147\text{mm}$ ）およびインナービット（ $\phi 85\text{mm}$ ）を新たに製作した（写真 1）。

③施工性・高剛性を兼ね備えた 2 重鋼管構造

従来工法で使用されている大口徑鋼管の肉厚は最大 11mm 程度であるが、本工法では鋼管接続時の作業性を考慮してより軽量の肉厚 6.6mm の鋼管を採用した。鋼管剛性については、打設後の大口徑

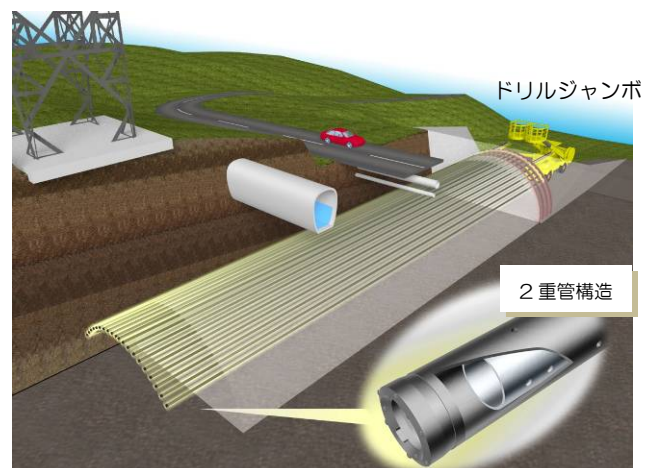


図 1 LL-Fp 工法のイメージ図

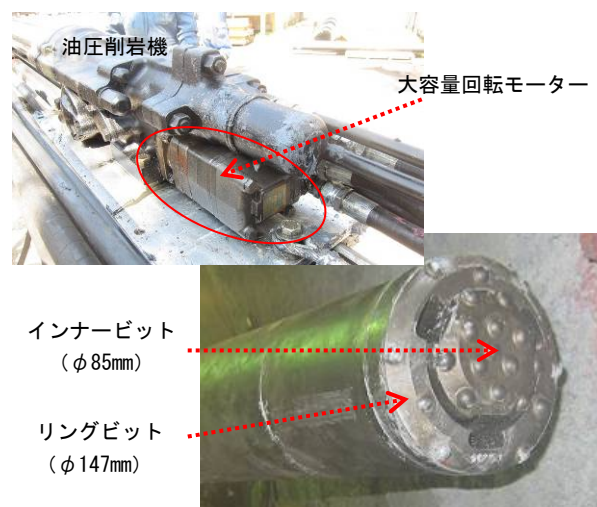


写真 1 高トルク回転モーターおよび専用ビット

キーワード 長尺鋼管先受け, 大口徑鋼管, ドリルジャンボ

連絡先 〒105-8401 東京都港区虎ノ門 1-20-10 TEL. 03-3502-0279 FAX. 03-3502-0228

鋼管内にφ114.3mmのAGF鋼管(肉厚6mm)を削岩機のフィード力を利用して挿入した2重鋼管構造とすることにより、鋼管肉厚11mm相当の曲げ剛性を確保した(表1)。なお、挿入された鋼管は、地山注入時にインサート管を挿入するための注入鋼管としての役割も有する。

④特殊治具による打設精度の向上

ガイド支保工に設置した特殊治具(特殊鋼管受け)で大口径鋼管を所定の打設方向に固定することにより、打設精度の向上を図った。写真2に示すように、この治具は4方向から鋼管を固定する構造となっている。また、鋼管を固定する高さを自由に調節する機能も有しており、打設角度を容易に設定することができる。

3. 現場適用試験

(1)超長尺鋼管打設試験

岩盤強度 σ_c が30MPa程度の礫岩地山において、トンネル坑内の切羽近傍から前方へ向けてL=40mの大口径鋼管を打設し、その際の施工性を確認するとともに鋼管の打設精度を測定した。なお、本試験は水抜きボーリングを兼ねていたため、地山注入は実施せず大口径鋼管の打設のみとした。

本試験では大口径鋼管打設に伴う回転トルクの不足も生じず、L=40mの鋼管を約5.5時間で打設することができた。また、鋼管打設後に実施した鋼管打設精度の測定では、図2のような結果が得られた。ここで、AGF工法4シフトに相当する36m地点の打設精度は水平方向で約1/200程度であった。

(2)施工性の確認試験

本試験では、大口径鋼管打設から地山注入に至る補助工法としての一連の作業を実施し、その際の施工性を確認した。試験は、AGF鋼管を使用したL=27.8mの超長尺鋼管先受け工法実施箇所の一部を使用して、L=28.1mの大口径鋼管打設およびシリカレジンによる地山注入を代替実施した。写真3に実験状況を示す。

対象地山は岩盤強度 σ_c が2~30MPaのやや不均質な泥質片岩であったが、鋼管打設や注入作業に大きなトラブルもなく約6.0時間で一連の作業を完了させることができた。

4. おわりに

トンネル工事の汎用機であるドリルジャンボを使用して大口径鋼管の超長尺打設が可能な先受け工法を開発し、試験施工により良好な打設精度・施工性を確認することができた。とくに今回の試験では最長40mの大口径鋼管打設を実施したが、打設時の回転トルクにはまだ十分な余裕があり、打設速度に著しい低下も認められなかった。したがって、本工法は条件が整えば40mを超える鋼管打設も十分可能であると考えられる。

今後は、本工法の実施工への適用を目指すとともに、ドリルジャンボの特性を活かし、鏡パイルやフットパイルといった切羽周辺・前方のあらゆる方向の補助工法への展開も進めていく予定である。

表1 鋼管の曲げ剛性比較

	鋼管径 (mm)	肉厚 (mm)	曲げ剛性 (断面二次モーメント) (cm^4)
AGF工法	114.3	6.0	300
従来工法	139.8	11.0	930
本工法	139.8	6.6	914
	114.3	6.0	



写真2 特殊鋼管受け

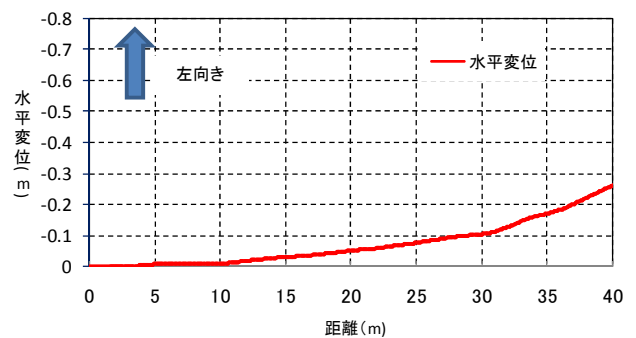


図2 鋼管打設精度計測結果

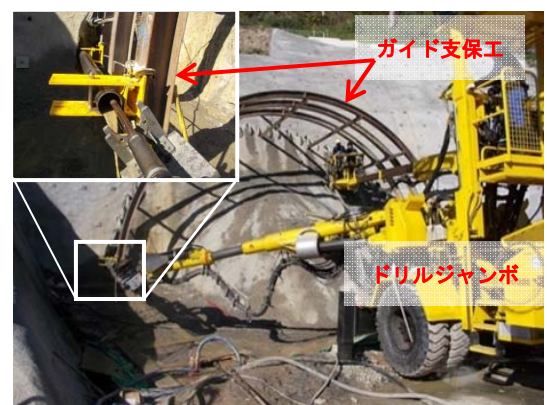


写真3 大口径鋼管打設状況