

解説

多様な地下構造物

パイプルーフ施工技術を飛躍的に高めた インナージャンクション付き鋼管から 引き戻し回収できる掘進機と施工事例

かじやま まこと
楮山 誠

(株)イセキ開発工機
執行役員技術部長



1 はじめに

我が国においては、人口とあらゆる産業は大都市とその周辺に集中、過密化は続いている状況にあり、都市機能の根幹をなす交通等の地上施設も飽和状態にあるため、これを解決するための道路の地下化が進められている。今年、開通した中央環状線のトンネル工事でも地山のゆるみ拡大を抑え、地盤の沈下・崩壊を未然に防止し、地上および地下の構造物を強力、かつ確実に防護する手段として当社のパイプルーフ施工技術が採用された。

当社は1982年シンガポールにおいて最初の泥水式のパイプルーフ工事を実施して以来、海外で1件、国内で15件の泥水式パイプルーフ工事を実施しており、現在も数件のパイプルーフ工事を施工中である。

パイプルーフの目的は、トンネル、地下鉄の駅舎などの地下構造物構築のための主要幹線道路、高速道路、鉄道などの防護、断層の影響を受けて著しく風化の進んだ断層破碎帯などの不良地山を通過する山岳トンネルの防護などである。

当社のパイプルーフ工事に使用する

掘進機は、比較的掘削しやすい地盤に対応するもの、玉石混り砂礫や岩盤の難地盤に対応するもの、引き戻し可能なもの、再設置可能なもの、高水圧に対応するもの、高速掘進できるものと発注者の要求に答えて発展を遂げてきた。

本文では、当社のパイプルーフ施工技術を飛躍的に高めたインナージャンクション付き鋼管から引き戻し回収できる掘進機とそれを用いた工事、大断面トンネルを地中拡幅し分岐合流部を構築する工事に採用された泥水式高速掘進機とそれを用いた工事などについて紹介する。

2 インナージャンクション付き 鋼管から引き戻し回収できる 掘進機とそれを用いた工事

2.1 インナージャンクション付き鋼管を使用するパイプルーフ工事の特徴

パイプルーフの鋼管を連結する継手が鋼管の外側にあると、継手部の大半は掘進機のカッターヘッドで掘削できないので、岩盤、巨礫でのパイプルーフ工事は不可能である。当社の土砂地盤対応の掘進機には硬質土程度までなら突き崩せる楔状の刃物を継手前方の掘進

機側面に取付けてパイプルーフ工事に対応してきた。しかし、この方法で対応できる地盤は一軸圧縮強度5MN/m²程度までの軟岩である。

これを解決できるのがインナージャンクション付き鋼管を用いたパイプルーフ施工で、継手を外側に有する鋼管によるパイプルーフ施工に比べて下記の特徴がある。

①岩盤、巨礫を含む地盤でのパイプルーフ施工が可能

パイプルーフの隣接する鋼管同士を連結する継手が鋼管の内部、即ち掘削断面内にあるので、岩盤、巨礫を含む地盤であっても鋼管を推進できる。

②掘進機の方操作性が向上

継手を外側に有する鋼管の推進では、継手に先行する楔状の刃物に地山への貫入抵抗が作用するが、楔状の刃物を必要としないので掘進機の方操作性が向上する。その結果、推進精度が格段に向上する。

③掘進機および鋼管のローリング防止が図れる

継手を外側に有する掘進機がローリングすると、それに伴って鋼管もローリングするので、その修正には技術と時間を要する。掘進機および鋼管を周方

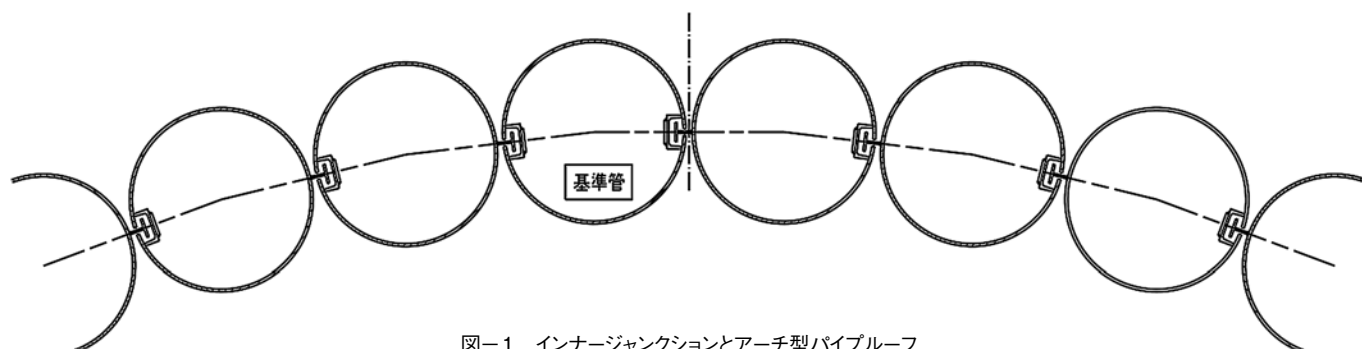


図-1 インナージャンクションとアーチ型パイプルーフ

向と長手方向に拘束する継手がないので、ローリング修正し易い。

④元押推進力の低減が図れる

継手を外側に有する鋼管の推進では、継手と地山との接触による周面抵抗が生じるが、継手が地山と接しないので元押推進力の低減が図れる。その結果、長距離推進が可能になる。

⑤坑口止水設備を簡素化できる

⑥上記②～⑤から、パイプルーフの品質向上、工期の短縮が図れる。

2.2 引き戻し回収できる掘進機を採用するケース

当社のパイプルーフ工事では掘進機の引き戻し回収を行うケースが大半となっている。掘進機の引き戻し回収を行う理由としては下記があげられる。

①都市部のトンネル防護のためのパイプルーフでは、道路・鉄道などの地上構造物や水道・下水道・地中線など地下埋設部がパイプルーフの上部に輻輳すると、到達立坑を構築するのは困難である。

②パイプルーフの到達立坑は大きく、その建設費は膨大で、掘削残土も莫大な量となる。

③山岳トンネル建設でもトンネルの途中に不良地山が存在する場合、その箇所を防護する目的でパイプルーフを構築する場合があるが、一般的に土被りが深くまた地形的に到達立坑を構築する手段がない場合が多い。

2.3 施工事例

(1) 工事内容

工事名称：阪神高速道路2号線高取山工区（北行）トンネル工事

施工場所：兵庫県神戸市長田区

発注者：阪神高速道路公団

施工者：大成・飛鳥建設工事共同企業体

工事期間：平成11年3月～10月

（パイプルーフ工事の期間）

パイプルーフの鋼管径、鋼管の数量
および推進長：φ800mm×22本
×92m

(2) インナージャンクション付き鋼管採用の理由

パイプルーフの施工箇所は、主に六甲花崗岩類であるが、一部が断層の影響を受けて著しく風化の進んだ断層破碎帯となっている。この区間は、山岳トンネルとしては土被りが薄く、トンネル掘削の影響範囲に1000戸を超える民家が密集する住宅地の直下にあるので、地表面への影響を最小限に抑える必要がある。インナージャンクション付き鋼管の採用は、一軸圧縮強度50MN/m²程度の岩盤があり、断層破碎帯部のうちトンネルの直上部には旧沼の湖沼堆積物が存在する区間で鋼管間からの地山の抜け落ちを防止する必要があるからである。

(3) パイプルーフの形状とインナージャンクション付き鋼管の形状と配置 高取山工区（北行）トンネル工事の

パイプルーフは、トンネル断面に沿ってアーチ状に形成され、外径812.8mmの鋼管22本をインナージャンクションで連結して構築してある。アーチの上部に位置する基準管の内側には、隣接する鋼管のT型継手が収まるインナージャンクションが2か所設けてある（図-1）。

(4) 当パイプルーフ工事のために開発した引き戻し回収できる掘進機の概要

工事の受注決定から4カ月程度で掘進機を完成させる必要があったため、カッターヘッドと駆動装置はアンクルモールスーパーをベースとした掘進機にした。アンクルモールスーパーの特長は、土砂地盤から岩盤までの幅広い地山に対応可能なこと、カッターヘッドに作用する押し付け力を管理しながら掘進できることである。

引き戻し回収する掘進機の外側には、掘進機胴体の屈曲動作に追従する前後2つの外筒（以下、ケーシング）が被っている。また、掘進機には掘進機を駆動し制御するための機能を備えてあるので、掘進機の引き戻し回収後数日で現場に再投入可能である。

①掘進機の断面形状

掘進機の断面形状は、インナージャンクションを2箇所設けた基準管の内部に設置でき引き戻しできるよう太鼓の断面のような形状とした。この形状にすることで基準管の両側の鋼管にも設置で