

解説

小断面並列施工

世界最長のパイプルーフを実現する パイプルーフ施工技術

～地中を支える技術アンクルモールパイプルーフ工法～

はしもと けんじ
橋本 健二
(株)イセキ開発工機
営業部



1 はじめに

わが国は、地下空間に様々な非開削技術の融合で生活基盤の充実に寄与するインフラ整備を実施してきた。地下空間非開削築造技術の主流であるトンネルにおいても莫大な施工が実施され、推進工法は下水道を中心とする管路を築造するトンネル技術として主に利用されてきた。

推進工法による地下空間築造方法の代表として、パイプルーフ工法がある。パイプルーフ工法は、ボーリング機械によりトンネル上部周辺にパイプを打設し、ルーフ（屋根）を形成し、トンネル施工におけるルーズな地山の緩みを抑えるトンネル掘削の補助工法として、発展してきた工法であった。1962年の初めての施工以来、すでに50年を経過し、パイプルーフ工法は被りの小さい地山の安定、掘削面の防護、地盤沈下を防止し、周辺構造物、施設への影響を確実に抑える工法として、この間、実に各方面にわたって広く用いられ、数多くの実績をあげている。

そして、本来の目的が安定性の欠ける地山における周辺構造物に対する影響軽減であるパイプルーフ工法では、

パイプルーフ施工自体における地山の安定は、非常に重要な項目であり、より影響のないパイプルーフ掘削方式が求められ、推進工法の掘削方式の発展に伴い、ボーリング方式、刃口式、オーガ方式らの掘削方法から泥水式のような密閉型の掘削方式が採用されるようになり、より地山の安定性が図れる工法と進化してきた。

2 地中を支える技術 アンクルモールパイプルーフ工法

前述したようにパイプルーフ工法は、先行設置したパイプに建込まれた支保工と先行地山を支点とするはりとして、地山荷重の支持をし、トンネル掘削初期の地山の緩みを最小限にとどめるようにするものである。よってパイプルーフ打設時において、地山の緩みを招く掘削工法であってはならない。この観点から考えれば、開放型の掘削方式ではなく、密閉型の掘削方式を用いることが最善である。当社は、海外においてはシンガポールで歩行者通路築造の施工、国内においては地下鉄駅舎部の施工で、初めて泥水式パイプルーフを実施し、密閉型泥水式掘削機を使用した施工をいち早く実現して

きた。それ以後、この泥水式パイプルーフ工法は、当社の代表的掘削機であるアンクルモールを利用し、その優れた掘削機構と方向制御機構により、国内外で数多くの実績を重ねてきた。特に本工法は、パイプルーフ工法における長距離施工である100m超の施工の施工実績が多い。また、継手付きのパイプルーフで100m超スパンの実績を有するのは国内では本工法のみであり、1スパン150mの世界一長距離パイプルーフの実績を持っている。また、泥水式の掘削方式であることから、地下水以下の地山においても地盤改良を実施せずにパイプルーフ工法の施工ができるため、本工法はパイプルーフの適用範囲を拡げ、新たな地下空間築造の手段として利用して頂いている。アンクルモールパイプルーフ工法は、以下の特長を持っている。

- ①長距離・大断面における土質変化への対応が可能
全土質対応型掘削機の採用で長距離・大断面における土質の変化に適用
地下水位有無に係わらずに、無水層、地下水以下土砂地山施工が可能
- ②到達立坑不要。支障物対応可能
管内を自由に往復できる掘削機によ

り到達立坑が不要。路線内支障物に対応

③大土被りの施工に対応

優れた切羽安定機構と止水能力で高水圧下での施工が可能

④安定精度の施工

掘進機の先端部における精度管理をリアルタイムで実施することで安定した精度を確保することが可能

⑤曲線施工が可能

優れた方向制御機構と測量技術により、路線に沿った曲線施工も可能

パイプルーフの施工においての、上記のような特長は、一般的な密閉型泥水式掘進機を用いただけで長距離施工が可能となるのではなく、パイプルーフ工法特有の技術を必要としている。以下に、アンクルモールパイプルーフ工法の施工技術の特長について述べ、その特長を活かした国内パイプルーフ施工例について紹介する。

3 アンクルモールパイプルーフ工法の特長

3.1 広範囲の土質掘削対応機構

パイプルーフはトンネル周辺に打設することから本数が多く、特に近年ではトンネル断面の大型化や長距離の施工が求められていることから、広範囲に施工を行うため、様々な土質に対応していることが必要である。アンクルモールパイプルーフ工法は、広範囲の土質に同一面板で対応可能なアンクルモールスーパーがラインナップされているため、長距離・広範囲施工による土質の変化への対応が可能となっている。

岩盤や巨礫へ対応する場合、面板にローラビットを設置し、破碎してから取り込むため、面盤での開口率は狭くする必要がある。しかし、面板の開口率を狭くすると、粘性土においては面盤での閉塞が発生し、最悪の場合は推進不能となる可能性がある。このた

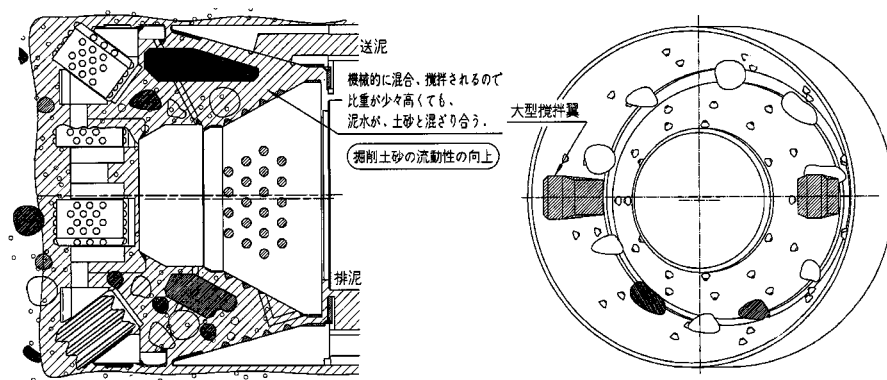


図-1 アンクルモールスーパー掘削機構図

め、一般的な掘進機は、粘性土用と砂礫用で面板を仕分けしている掘進機が多い。しかし、推進途中での面板交換には課題が多くある。

アンクルモールスーパーは、ローラビット付き面板で地山を掘削した後で、偏心回転運動をしているコーン型で、2次破碎機構を備えているため、面盤での開口率を狭くする必要がある。また内部に取り込まれた粘性土も偏心回転運動しているコーンと面板に設置されている大型回転攪拌翼で閉塞が防止される。このため、粘性土でも面盤閉塞せずに、玉石や岩盤の破碎掘削が可能となっている。図-1にアンクルモールスーパー掘削機構図を示す。

3.2 高精度な鋼管打設のための方向制御システム

パイプを隣接して連続施工するパイプルーフは、高精度の施工が求められる。特に継手付きの場合は、推進精度の悪化が継手の接触を起こし、摩擦力等で推進力が増大し、推進不能となることも想定されるので、高精度の線形管理が要求される。アンクルモールパイプルーフ工法は、アンクルモールの方向制御システムによって、掘進機先端位置と敷設計画線との離隔が把握できる。これによって敷設計画線に対して大きな誤差が出る前に修正され、高精度な線形管理が可能となっている。

この掘進機最先端での掘進精度管理は、特にパイプルーフ工法のような鋼管推進においては効果を発揮する。それは鋼管同士が溶接による剛結接合であるため、精度の悪化が大きくなり鋼管に精度の悪化が及ぶと、その鋼管精度の悪化により掘進機の修正だけでは方向修正が困難となるためである。このような対処のために、一般的な鋼管推進では、ダミー管と呼んでいる鋼管を掘進機後続に接続し、蛇行修正の屈曲部を一定距離設けることで対応する場合もあるが、パイプルーフ工法では到達立坑がないケースも多くあり、ダミー管の使用はできない。よって、掘進機最先端位置での精度管理が重要となると考えている。

また継手付きのパイプルーフにおいては、施工済みの隣接管の継手位置を把握することが重要である。本工法では、推進済みの推進鋼管の推進精度記録から、推進中の鋼管が隣接する鋼管から逸脱しないように掘進機位置の修正を行いながら継手位置を把握するシステムで精度管理を行う。掘進機を運転するオペレータは、このシステムで掘進機がどの向きにあるか、隣接管の継手のどの位置にあるかを把握できるため、高精度で継手抵抗の少ない推進が可能となる。