

解説

多様性を発揮

泥水式掘進機による パイプルーフ工法の適用拡大への取り組み アングルモールの 施工精度を活かしたパイプルーフ

さとう とおる
佐藤 徹

(株)イセキ開発工機
工事本部副本部長



1 はじめに

推進工法による地下空間築造方法の一つに、パイプルーフ工法がある。パイプルーフ工法は、トンネル上部周辺にパイプを打設し、ルーフを形成し、トンネル施工における地山の緩みを抑制するトンネル掘削の補助工法として利用されてきた工法である。パイプを規則的に配列することで、自由度の高い任意の遮断防護形成が図れることから、様々な種類の地下空間構築施工への適用が可能である。パイプルーフ工法は、施工する土質の適用や施工精度が求められる段階で、種々の推進工法がパイプの打設方法として、使用されるようになった。この中で当社は、泥

水式による地山保持機能とアングルモール掘進機の高精度パイプ打設機能でパイプルーフ長距離化実現とそれに伴うパイプルーフの適用範囲拡大を図ってきた。以下には、泥水式掘進機アングルモールによるパイプルーフ工法の長距離化への取り組みの変遷と対応について記述する。

2 パイプルーフ工法の変遷と 世界初の泥水式掘進機を用いた パイプルーフ施工

わが国において最初にパイプルーフ工法が施工されたのは、1962年東海道新幹線第一熱海トンネル工事である。トンネル坑口部の上部重要構造物防護として、外径84mmのパイプ

をトンネル上半アーチ120度、延長30mの範囲に打設された。パイプルーフの打設は水平ボーリング方式での施工である¹⁾。また継手で結合された連結式パイプルーフについては、翌年1963年に実施されており、パイプの打設方法はオーガ方式推進工法で施工している²⁾。

これらを筆頭に1960年代は、主に小口径パイプ(318mm以下)のパイプルーフが施工された。海底下の断層破碎帯トンネルでの施工、地すべり地帯での山岳トンネル防護への利用、シールド施工に伴う鉄道線路防護のための利用など、山岳トンネルから都市トンネルに至るまで様々な用途に採用され徐々に実績を積み重ね、パイプルーフ工法は地山の変状抑止や構造物等への影響回避の施工方法として、トンネル技術者の注目を浴び始めた。表-1に1960年代のパイプルーフ施工実績例を示す¹⁾。

1970年前半になると、パイプルーフで打設されるパイプ径の大型化が進んだ。表-2に1970年代の大口径パイプルーフ施工実績例を示す¹⁾。これは、大断面トンネルやアンダーピーニングに採用されることが多くなったた



写真-1 アングルモールパイプルーフ工法の適用事例

めであり、これら大口径のパイプルーフは、オーガ方式推進または刃口式推進により施工が実施され、パイプ配列により周辺地山を防護するパイプルーフ工法は、注入工法などによる防護工と比較して確実な効果が得られる信頼の高い工法として定着していった。図-1に都市中心部の郵便局下基礎を支持するためにアンダーピーニングで使用されたパイプルーフ配置図、写真-2にパイプルーフ施工完了状況を示す。

しかし、パイプ打設精度については、施工延長の増大とともに精度が悪くなるとの多くの報告があった³⁾。そのため、1970～1980年のパイプの打設精度の指標は、表-3に示すような延長距離に対する精度指標となっている⁴⁾。したがって、パイプ同士の間隔やパイプと支保工との間隔が大きくなる長距離施工では、施工延長を分割しての施工が行われていた。

この課題を解決する方法として、当社が着目したのは泥水式掘進機によるパイプルーフ施工であった。シールド機と同様の精度修正機構を持つ泥水式掘進機を用いることで精度の向上を図った施工である。1982年にシンガポールの繁華街における歩行者用地下通路で、泥水式掘進機(テレマウス)によるパイプルーフ施工を実施した⁵⁾。外径570mmのパイプを矩形状に、延長26mの範囲に打設したが、施工精度の高い泥水掘進機を利用することで矩形形状の閉合施工が実施された事例である。写真-3にシンガポールでの泥水式推進工法によるパイプルーフ施工例を示す。

表-1 1960年代 パイプルーフ施工実績例

トンネル名	打設形状	パイプ径(mm)	延長(m)	施工方法	採用目的
北海道崎守トンネル工事	アーチ	84		水平ボーリング	道路防護
山陽新幹線新関門トンネル	アーチ、矩形	114.3	35	水平ボーリング	海底断層破碎帯防護
神戸市高速鉄道第1次線	アーチ	114	70	水平ボーリング	湧水防護、地すべり防止
地下鉄3号線シールド	水平	318.5	40	オーガ	シールド防護

表-2 1970年代 大口径パイプルーフ施工実績例

トンネル名	打設形状	パイプ径(mm)	延長(m)	施工方法	採用目的
東海道新線建設東京地下駅 新設工事中央郵便局下工事	水平	812.8	35	オーガ	建設構造物防護
東北 矢巾	水平	914.4	13.5	オーガ	アンダーピーニング
都営地下鉄10号線浜町工区	水平	1,219.2	75	普通	構造物支持
京都地下鉄烏丸線	水平	812.8	30	オーガ	アンダーピーニング
有楽町線 三吉橋	水平	1,219.2	15	普通	アンダーピーニング
泥堂架道橋	水平	1,200	20	普通	線路下非開削

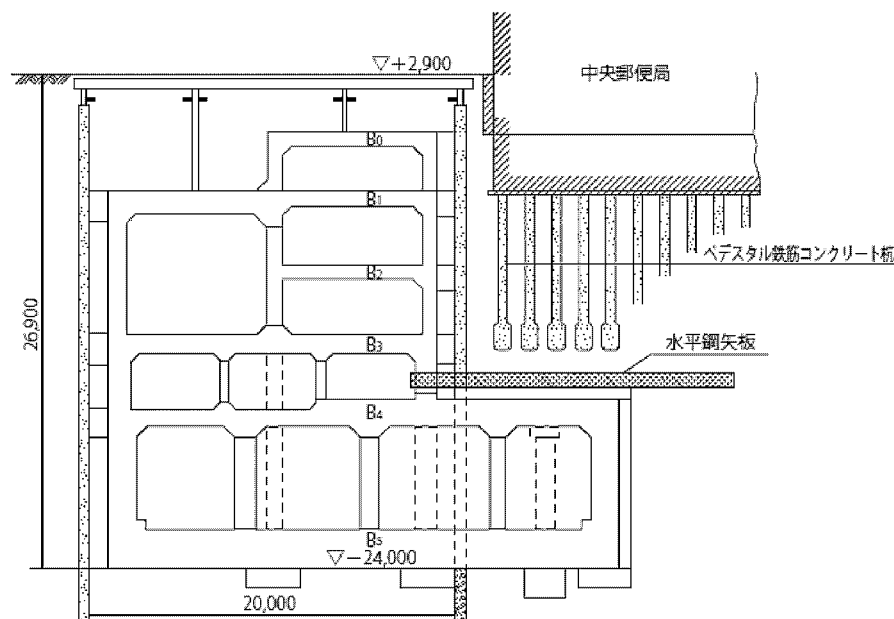


図-1 アンダーピーニングにおけるパイプルーフ配置図



写真-2 アンダーピーニング適用パイプルーフ施工完了状況

表-3 パイプルーフ工法によるパイプ打設の精度

工種別	誤差
継手付きパイプ圧入工法	1/100～1/200
継手なしパイプ回転圧入工法	1/200～1/300

誤差 (s/L) s: 施工精度、L: 施工距離