

総論 小断面並列施工

地下空間築造に利用される推進技術の進化と今後の動向



さとう とおる
佐藤 徹

(株)イセキ開発工機
営業技術部部长



しまだ ひでき
島田 英樹

九州大学大学院工学研究院
地球資源システム工学部門准教授



ささおか たかし
笹岡 孝司

九州大学大学院工学研究院
地球資源システム工学部門助教



まつい きくお
松井 紀久男

九州大学大学院工学研究院
地球資源システム工学部門教授

1 はじめに

わが国は、地下空間に様々な生活基盤の充実に寄与するインフラ整備を実施し、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多数の施工が実施された。その中で、小・中口径鋼管を組み合わせることで多様な断面を形成できるパイプルーフ工法は、様々な地下インフラに利用されてきた。また円形管敷設組み合わせのパイプルーフだけではなく、矩形断面の連続施工による方法も、鉄道下トンネル等の地下空間築造に貢献してきた。推進工法は、それらの技術の中で活用され、数々のトンネルが施工されてきたが、進化し続けている推進工法は、地下空間築造の利用に生かされる技術として、現在も注目されている。

今回は、地下空間築造に利用されている推進技術についての現状および今

後の動向について論ずる。

2 地下空間築造技術の種類と選定について

地下空間築造技術は、短中距離用に様々な施工方法が開発されてきた。以下に短中距離トンネルの代表的な施工方法を図-1に示す。図-1の内のシールドトンネル工法においては、基本的には線形が長大となる施工に対応する技術であるため、短中距離においては、工期、経済性にやや難があることから、推進工法での施工で実施されている施工例がある。

図-1のとおり、現在では様々な短中距離トンネルの施工方法が存在しているので、各々特長を良く捉え、選定には施工条件に合わせた最適な工法の選定を行うことが肝要となる。以下に代表的な選定項目について列挙する。

① 近接構造物への影響

土被り、構造物容積（断面積）

② 既存交通への影響

施工に必要なヤード面積

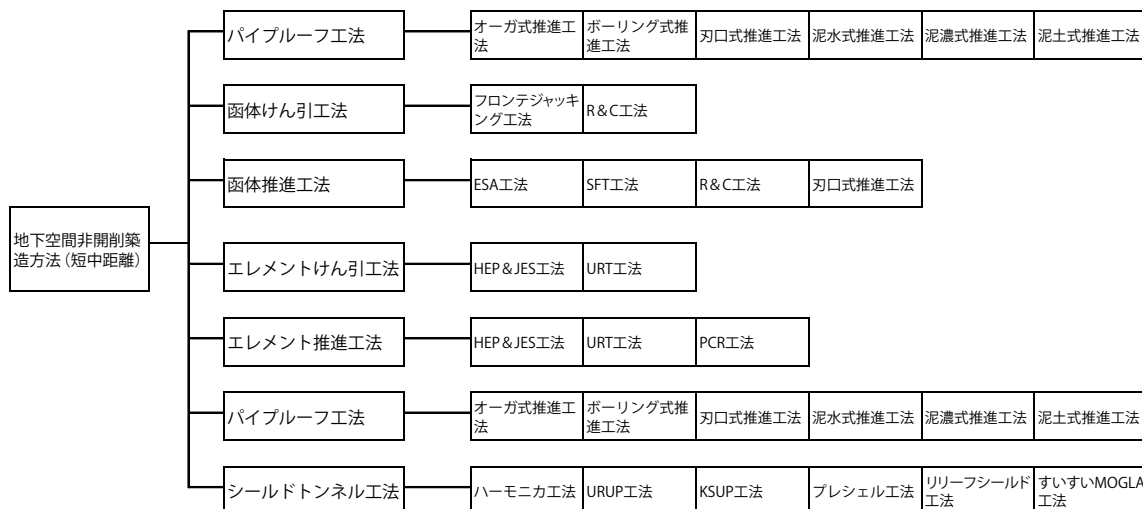
③ 施工可能延長

施工延長による経済性、施工可能な施工延長の確認

④ 土質、地下水への対応

他の補助工法の必要性、施工可能な土質の確認

特に都市部での施工を想定している場合には①、②の項目には留意が必要である。また、これらの工法は、推進技術が多く利用されているが、その掘削方法、推進方法の特長を捉え、③、④項目の検討を行うことが重要と考える。また、図-1に示すように同系列工法の中に多様な個々の工法があり、これらは単に掘削方法や推進方法だけの一般的な技術ではないノウハウや技術があることを踏まえての工法選定が必要となる。



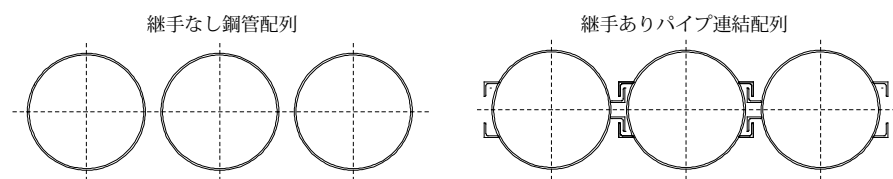
図ー1 地下空間非開削築造方法 (短中距離)

3 パイプルーフ工法技術の進歩

トンネル施工を補助する技術として利用されてきた推進技術の一つにパイプルーフ工法がある。工法の初期段階では、トンネル上部の緩みを抑制する利用が主な工法であったが、現在は様々な推進工法との融合により、土質の適用範囲や施工距離の自由度が広がり、より確実なトンネル形成のための工法として発展を続けている。

パイプルーフ工法とは、一定間隔にパイプを挿入配列し、地下空間築造における様々な影響を防ぐ一定の領域を形成するものである。パイプ配列には、継手（ジャンクション）で鋼管同士を連結する場合としない場合がある。図ー2にパイプ配列例を示す。前述したとおり、トンネル掘削断面上部にルーフ（屋根）を形成することでトンネル掘削の土留めとしての機能を持たせながら、地表面沈下対策、上部既設構造

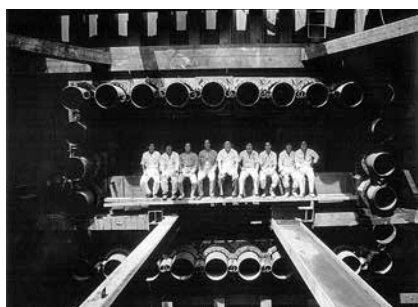
物防護等に利用されてきたことからパイプルーフ工法と呼ばれているが、護岸、立坑工事等に用いられている鋼管矢板工法と同様に、鋼管を継手（ジャンクション）で接続することで地山土砂や地下水を遮断し、内部掘削することでトンネルを築造する施工にも適用されている。また掘削するトンネル外周に沿った施工だけでなく、防護する側の構造物と新規に建設するトンネルの中間位置に打設し、相互の影響を抑止するアンダーピーニング等の遮断防護として適用されることもある。写真ー1、2に掘削断面上部のルーフ形成例、矩形配列の内部遮断防護例を示す。またパイプルーフ工法によるパイプ挿入配列パイプアーチ形成による遮断効果のイメージを図ー3に示す。



図ー2 パイプ配列例



写真ー1 掘削断面上部のルーフ形成例



写真ー2 矩形配列の内部遮断防護例

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の鋼管がトンネル上半アーチ120度、延長30mの範囲に打設された¹⁾。パイプルーフ鋼管の打設は水平ボーリング方式での施工である。この施工は、トンネル施工における矢板工法が主流であった