

解説

密閉型大断面 ボックス掘進機を用いた 地下空間構築技術

まつもと ふみひこ
松元 文彦

(株)アルファビルエンジニアリング
取締役施工副本部長
(技術士 RCCM)

1 はじめに

昨今、大都市圏における人口や業務機能の集中に伴い、地上インフラや交通網は稠密化し、地下空間を有効利用した都市形成が加速度的に整備され、様々な生活基盤に関連するインフラ設備が充実している。特に地下鉄やビル地階を連結した歩行者ネットワークの確保のための地下空間の構築は、今後のアクセシビリティやバリアフリー性等の向上に欠かすことができない有効な社会基盤事業といえる。

このような地下空間に求められる構造体としては、断面・空間に優位な箱形の形状であり、従来の構築技術としては地中連続壁を中心とした開削トンネル工法や地盤改良工と先受けパイプ工などの補助工法を併用したトンネル工法および都市 NATM 工法等による施工が主流であった。しかしながら、これらの施工法は施工期間が長期に亘り、周辺環境への影響が大きく、大規模な占用面積を必要とするため経済性に劣る場合も多い。また、比較的安定した地盤で行う都市 NATM 工法においては、地上制約は少ないものの、地下水条件に影響受けやすく、地盤の安定が絶対条件のため、一歩間違えると博多駅の陥没事故のような大惨事になりかねないリスクを有している。

他方、地下鉄工事や雨水幹線路および下水管路等に有効な施工技術として、シールド工法や推進工法が

あるが、円形が主流のこの技術は、既存の地下構造物が存在する中で限られた地下空間を縫うように平面・縦断曲線を駆使して築造されているのが現状である。また円形での地下空間の形成は、構造物の目的からすれば断面的に無駄が多く非効率な面があるため、要求される空間寸法よりも2～3管径分大きくする必要がある。

よって本稿では、円形と矩形断面の比較や特徴をまとめ、既往の地下空間構築技術と照らし合わせながら、今回採用に至った密閉型大断面ボックス掘進機の仕様や施工事例を紹介する。

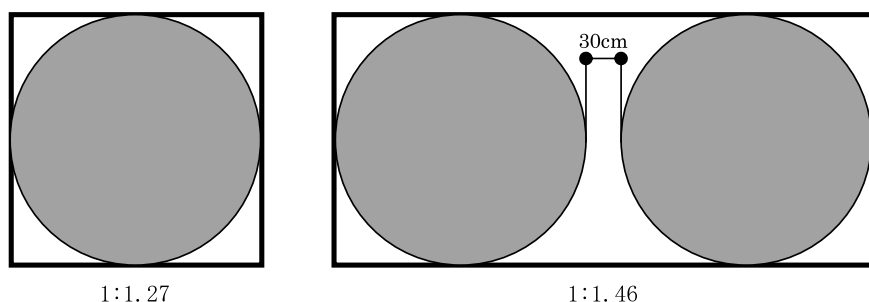
2 矩形断面の特徴

円形と矩形とを比較した場合、図-1に示す通り断面比で1:1.27となる。つまり、同一寸法の場合、円形よりも矩形断面の方が27%以上の空間を確保することが可能となる。このことは、長方形断面においてはさらに顕著で、円形で並列して施工する場合、二工程となり、隣り合う円同士の間隔を30cm程度と想定すると、矩形との断面比は46%の差ができる。これらのことから、雨水きょ等にみられる断面の有効活用との観点からは、矩形が圧倒的に優位であることが分かる。

次に密閉型推進工法の観点から双方を比較した場合、テールボイドのアーチアクション形成が期待できない矩形では、円形よりも推進力が高く、地表面への影響

も大きくなると考えている。このため、注入位置や方法および注入材の選定においては、十分な検証の基にシステム化する必要がある。表－１に円形と矩形推進工法との比較とそれぞれのメリット・デメリットを示す。また、

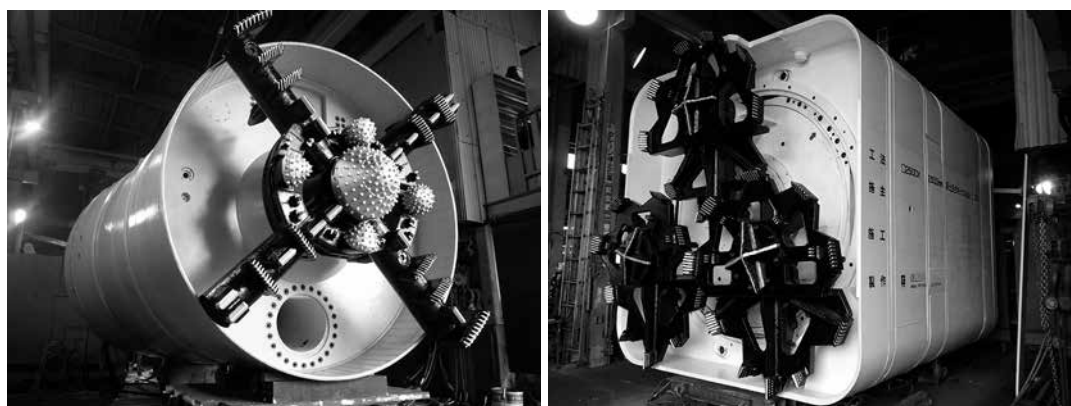
代表的な密閉型掘進機（円形・矩形）の写真を写真－１に示す。ここに示す通り、矩形は断面的には円形よりも優位であるが、密閉型矩形推進工に対する課題やそれに伴う検証はまだまだこれからだと考えている。単



図－１ 円形と矩形との断面積の比較

表－１ 円形・矩形推進工法の比較と特徴

工種	円形推進（密閉型）	矩形推進（密閉型）
掘削断面	カッタ主軸の回転運動により全断面を掘削可能なため、掘り起こし抵抗はあるものの安定した掘削が可能。ただし、大口径では、内周と外周との回転周速差が生じるため、攪拌・混合は悪化する。特に中心部は掘削効果が低い	円運動のみの駆動の場合、隅角部の掘り残しができ、圧入抵抗が高くなる。複数のカッタやコピーカッタ方式による掘削は、効率が悪く未掘削部分が残しやすい。したがって、多軸自転・公転型の全断面掘削が求められる
テールボイド形成と周面摩擦力	アーチアクションが期待できるため、テールボイドの形成が容易で周面摩擦力は低い	テールボイドの形成は可能だがアーチアクション効果は期待しにくく、天端部には全土圧を受ける場合もあるため、周面摩擦力は高い
推進力	円筒状のため、荷重が分散されやすく推進力は低く管体への影響は少ない	隅角部や上下面の抵抗が大きくなりやすいため、推進力は高くなるが、両側面の摩擦力は円形より低い
精度	掘進機の方角修正に伴う挙動が早く精度管理がし易い。また、ローリングした状態での工事引き渡しにおいても円形のため、品質への影響はない	掘進機の方角修正に伴う挙動は遅い。また、ローリングは品質に大きな影響を受けるため、ローリング防止のためのシステムや装置を装備する必要がある
推進管	JIS規格化されているため、供給は安定的で、コストも安い	JIS規格化されていないため、受注生産品でその都度の設計・型枠製造となることから、製造期間を要し高価である
掘進機	JIS規格化された推進管に応じた掘進機製作ができ、そのまま転用可能となるため、経済的に優位である	JIS規格化されていないため、掘進機外郭はその都度製作する必要があり、駆動部・方向修正ジャッキ等のみが損料扱いとなる



写真－１ 密閉型泥濃式掘進機（内径φ2,400mm）と密閉型泥土圧ボックス掘進機（内空□2,500×2,500mm）