

# 解説 多様な断面ニーズ

## ボックスカルバート推進工法による矩形空間の構築技術 ～密閉型ボックス掘進機による大断面・長距離・曲線施工事例～

おかもと たかし  
岡本 隆史

飛島建設(株) 関東土木事業部  
UR大宮西作業所現場代理人



さかい えいじ  
酒井 栄治

(株)アルファシビルエンジニアリング  
(博士(工学)・技術士)



まつもと ふみひこ  
松元 文彦

(株)アルファシビルエンジニアリング  
(技術士補)



### 1 はじめに

近年、地方都市部においても地下の輻輳化や周辺環境への配慮の重要性により、非開削による密閉型推進工法の有効性が認知されつつある。特に、地方においては従来の開削工法等の施工では、地下埋設物の切り回し工事や近接構造物の対策工に時間と費用を要し、また、十分な地下空間の確保が困難な施工箇所も多い。その他、社会基盤整備の用途や将来的な維持管理の観点から、不必要な掘削断面が必要となる円形管の埋設より、必要断面のみの確保が優先する矩形断面の施工技術が求められている。そのような背景から、限られた地下空間を有効活用するため、品質確保において優位性が高い工場製品であるボックスカルバートを使用した矩形断面での非開削施工技術の確立が急務と考えられる。特に土被りの少ない雨水幹線や地方都市部の共同溝、横断地下通路等においては、矩形推進工法の適用性の拡大が期待され

ている。

さて、現状における矩形での施工技術を考えれば、地下鉄等を含む特異な箇所での非開削技術として、矩形・異形・自由断面等のシールド工法や局所限定的な地盤改良を併用した刃口推進工法、そのほか複雑な地下空間の構築や大断面確保に優位なパイプルーフ工法(円形鋼管・箱型・鋼製エレメント)を活用した先受け工法があり、その他の施工法としては開削工法に類するオープンシールド工法等が考えられる。しかし、近年の施工環境を考慮すれば、以下のような対策が必要となる。

- ① 周辺環境や既設地下埋設物への影響低減
- ② 占用帯制限や交通障害箇所の縮小
- ③ 地盤や地下水への影響の低減・回避が可能な施工技術
- ④ 一次覆工で工事が終了し、追加工種を不要とした工期短縮が可能な施工技術
- ⑤ 厳しい財政環境の中、施工費の低減と安全で高品質の基盤整備が両立可

能な非開削技術

### ⑥ その他

以上のような課題が山積する中、密閉型ボックス推進工法は総合的な比較検討の下、本工区では有効と判断され、大断面(外郭寸法3300×2500mm)、長距離(220m)、曲線(R=100+100m)、小土被り(H=0.97~3.91m)、軟弱地盤(N値0~一部13)条件下での雨水渠推進工事の提案を行い採用に至った。以下、密閉型ボックス掘進機の機構や軟弱地盤での既往の地盤変状見解、本工区の施工概要やその結果及び実施工から見えてきた課題等を検証し、今後の適用性を探る。

### 2 密閉型ボックス掘進機とその概要

#### 2.1 矩形における

##### カッタ機構等の課題

矩形掘進機の掘削に関する構造上の課題は、カッタの回転メカニズムにあると考えている。推進工法はあくまで前方への押圧を利用して、回転体を地

山に押し付けながら前方への掘削を行うために、カッタ機能が押圧により制限を受ける構造や機構では掘進速度の向上は図れない。すなわち、背面から受ける押圧を利用してカッタを切羽地山に押し付けながら掘削を行う構造であるため、以下のような克服すべき課題が考えられる。

- ①掘削効果の向上には切羽全面の同時掘削範囲を限りなく拡大する。
- ②地山の安定には不透水性の高い流動性泥土の迅速な形成が求められる。そのためには土砂と掘削添加材の混合・攪拌効果を高めるカッタ構造が有効となり、その結果、チャンバ内の切羽圧力が保持される。そのため、掘削面の緩みを防止しながら、土砂の流動化が短時間で図れるカッタ構造を検討する。
- ③駆動部の弱点と思われる偏圧対策としては、駆動力の伝達機構の中から片持ちの要素を限りなく少なくし、掘削時にカッタ主軸に掛かる荷重の軽減を図り、同時にカッタ部への面的な抵抗力を低減し、後方からの押付力を直角方向に作用させない機能や構造を検討する。

- ④フードや外郭が地山に接触することで発生する先端抵抗の低減を図る。
- ⑤その他、カッタビットの摩耗低減が図れる構造を模索する。

以上のような観点から矩形掘削のカッタ構造や駆動メカニズムを検討し、以下のような結論に至った。

## 2.2 ボックス掘進機の構造

写真-1にボックス掘進機を示す。本工区では軟弱地盤の小土被り(0.97~3.91m:0.39D~1.56D)による施工が求められた。よって、自立性が少なくアーチアクション効果が期待できない頂部に掛かる土荷重を効果的に剪断し、その土砂を前方に移動させることなく確実な縁切りを行いながら、速

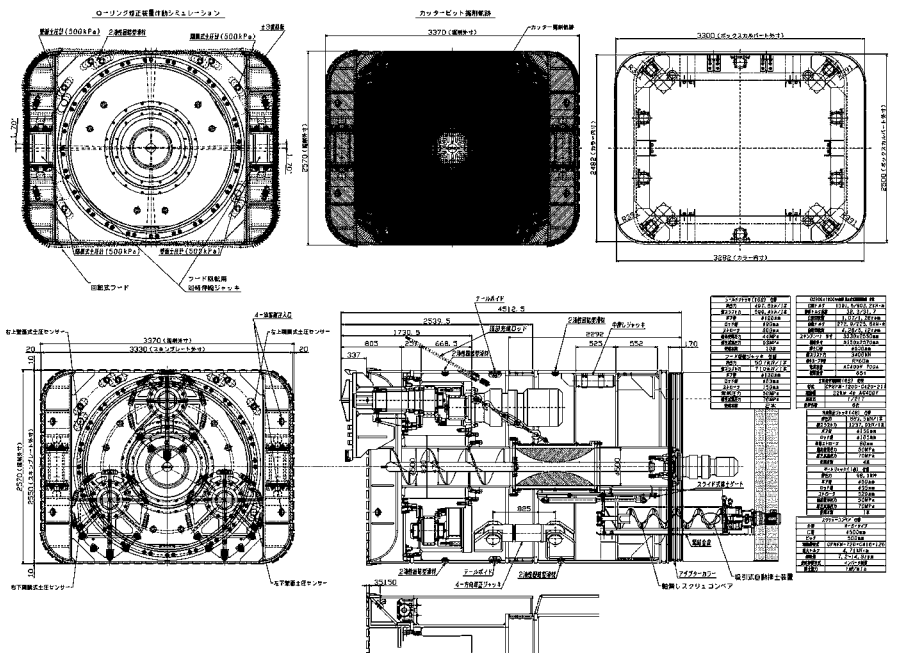


図-1 閉閉型ボックス掘進機図面およびカッタ軌跡図

やかに地中の乱れを抑制することが重要と考えた。

また、本工区の施工経験が従来から論じられている都市トンネルの最低必要な土被り比や地盤改良の必要性の有無に対する見解等に対し、一石を投げられるかもしれないと判断した。以下、ボックス掘進機の構造や機構の詳細を示す。

- ①公転自転比を検討し、限りなく全断面を公転1回で3軸カッタが複数回掘削できる構造とした。図-1に掘進機図とカッタビット軌跡図を示す<sup>1)</sup>。
- ②駆動構造を自転・公転方式として公転回転数を少なくして駆動力の向上を図り、その結果、自転軸の回転数が高速回転となるため、センタ部分を中心にした掘削機(センタ支持、中間支持、外周支持方式)より掘削・混合・攪拌効果が向上する機構とした。また、カッタ構造を多軸方式とし、一個のカッタが受け持つ掘削範囲を分割・減少させ、最外周と内周の周速差を限りなく少なくする事で

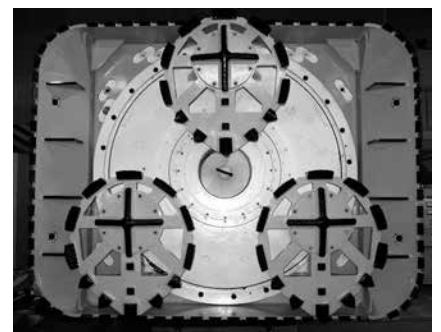


写真-1 閉閉型ボックス掘進機前面

ビット摩耗低減や掘削効率の向上を図った。

- ③掘進機の弱点となる片持ちアーム状のクランク機構やリンク構造を回避し、回転カッタに偏力が掛かりにくい構造とした。推進中のカッタビットの移動軌跡が四角形になるように、一つの自転軸からの各カッタビットを個々に偏心させることで理想軌跡を描く配置とした。その他、偏圧を防止するため、自転軸上に掘削面の抵抗が直接伝達される構造とした。