

解説

世界が認めた

世界が認めたボックス推進工法 日本人独特の「情緒思考」により 1回転で矩形全断面掘削を実現

NO-DIG 2013 AWARD WINNER

まつもと ふみひこ
松元 文彦
ボックス推進工法協会
事務局長（技術士）



1 開発の目的と背景

推進工法の良さは工場管理が徹底されたコンクリート管を使用することで高品質かつ耐用年数の高い地下構造物を構築することにある。これまで、推進技術は当然の如く円形が主流であったが、限られた地下空間における函路の構築において断面を有効利用するためには、明らかに円形よりも矩形の方が優位であることから、ボックス推進工法の市場開拓のために密閉型矩形掘削機

の開発に至った。しかしながら、矩形断面を掘削機により形成するのは容易なことではない。なぜならば、カッタを駆動させるために回転軸を設けた構造は、必然的に円運動の掘削機構となり、矩形断面の隅角部が掘削されないからだ。そのため、これまでの矩形断面の掘削方法としては、隅角部掘削専用のカッタを配置し、数個のカッタを装着した掘削方法や、カッタ面盤全体を揺動し隅角部の未掘削部をなくした掘削方法などがあった¹⁾。

これらの掘削機構は、比較的断面が大きいシールド工法での例であり、我々が目指す800～3,000mmの断面での限られた掘削機内スペースにおいては、複数の単独の駆動軸には制限が多く、現場管理上も複雑となる。また、推進工法の重要な要素である切羽の安定性との観点からも、1回転で全断面を掘削し、添加材との攪拌・混合を効率的に行う機構が求められることから、より効果の高い掘削機構を考案する必要があった。以下に「ボックス推進工法」機構や特徴および施工実績と用途などについて紹介する。

表-1 ボックス推進工法の経緯

平成11年	ボックス掘削機の開発、特許取得
平成13年	常磐新線地下立体交差BOXトンネル工事施工（外郭水平土留工）
平成14年	日刊工業新聞社主催 第14回中小企業優秀新技術賞 優秀賞受賞
平成14年	PLボックス掘削工法 福岡県中小企業想像活動促進法認定、特許取得
平成15年	九州大学大学院工学研究院とアルファビルの共同による低土被り実証実験
平成16年	PLボックス掘削工法 新技術情報提供システム（NETIS）に登録
平成19年	ボックス推進工法の設計積算要領の発刊
平成19年	千葉県柏市□2,400×2,000mm L=35mボックス推進工法による国道横断工事施工
平成20年	異業種連携事業（経済産業省・国土交通省）共管認定
平成21年	ボックス推進工法協会設立
平成21年	さいたま市雨水幹線工事□2,800×1,800mm L=220mボックス推進工法による施工
平成22年	ボックス推進工法（ABC推進工法） 新技術情報提供システム（NETIS）に登録
平成23年	鹿児島市□3,000×3,000mm L=14mボックス推進工法による地下人道通路施工
平成24年	茨城県つくばみらい市□3,000×3,000mm L=55m常磐道高速道路地下人道通路施工
平成25年	越谷市□2,400×2,400mm L=50m国道4号バイパス横断工事施工
平成25年	NO-DIG AWARD 2013 in Sydney 受賞

2 多軸自転・公転方式 ボックス掘削機の開発秘話

ボックス掘削機の開発・機構の詳細については、本誌のVol26.No8（2012年8月号）を参考にされたい²⁾。

ここでは、ボックス推進工法の開発秘話と開発後、施工に至るまでの経緯を紹介する。

ボックス推進工法の開発に当たっての重要テーマは、上述の通りカッタ1回転で矩形断面を全て掘削する機構を有することにあった。しかしながら、一つのカッタではカッタ回転軸自体を偏芯

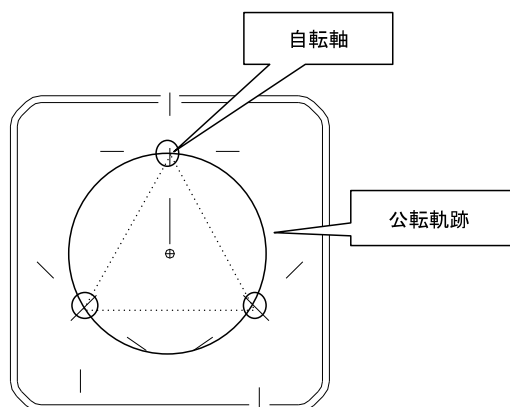
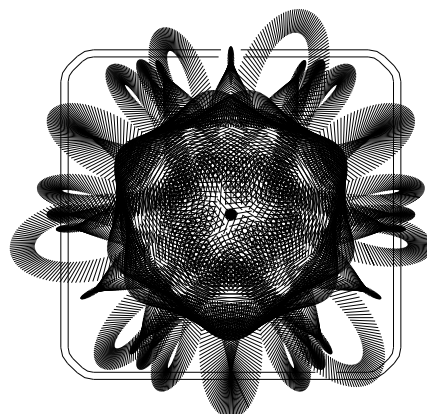
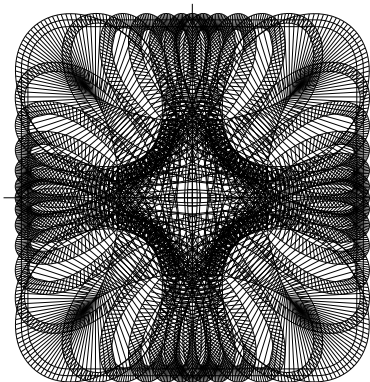


図-1 カッタビット要素図



不適正 (カッタ軌跡がまばら)



適正 (矩形カッタ軌跡)

図-2 自転・公転比の違いによるカッタ軌跡

させる必要があり、掘削能力および耐久性の低下などが懸念された。そこで、多軸方式を中心に検討を行った。

自転軸については、2～4軸の構造で検討をしたが、掘削バランスや構造的な観点から3軸が最適と判断した。

図-1にカッタビットの要素図を示す。ここに示すように正三角形の3点を自転軸の中心とし、それらを通る円周を公転軌跡とすることとした。つまり、コンパクト化が図れ、剛性が高いと言われる直接駆動伝達型の遊星歯車機構とした。ただし、この機構の場合、自転軸間の距離は常に一定となることから、そこに取付けるカッタは正三角形の1辺の長さ分が交差するカッタ同士の最大偏芯量となる。もし、これ以上の偏芯量となった場合は自転カッタ同士が接触し、逆に短くすると矩形掘削面を全面掘削できなくなるため、それらの偏芯量およびカッタ形状やカッタ取付け角度が困難を極めた。さらに、自転と公転比が適正でない場合、図-2左に示すとおり、まばらなカッタ軌跡となり、矩形の掘削ができなくなる。そのため、幾度と無く自転と公転の回転比を変更し、シミュレーションを行った結果、図-2右のような最適カッタ軌跡を導き出すことができた。

写真-1に平成11年に実験用に製作したボックス掘進機の1号機を示す。この掘進機は下水道展や各展示会に多く展示し、掘進機の概要や機構についてカッタ駆動させながら説明した思い出の掘進機である。

3 多軸自転・公転方式ボックス掘進機の施工実現までの経緯と施工実績

表-1にボックス推進工法の経緯を示す。1号機掘進機の開発から2年後に先受けパイプルーフ工事として矩形ボックス掘進機が採用された。その頃の我々の構想は以下のようなものだった。

ここに示すように技術指針の策定のための第一歩とし、函体の規格化が重要であったため、多くのコンクリートメーカに駆け寄せたが、具体的な現場がない状況で構造計算やボックスカルバートの規格を決定することは引き受けられないと否定され続け、結果として我々の方で規格寸法を決定し、平成19年に技術指針の発行に到った。その頃、柏市でボックス推進の設計協力を続け、最終的にその年に初めてボックスカルバートによる推進工事を実現することができた。



写真-1 ボックス掘進機1号機

- ① 輻輳した日本の地下空間では、断面に優位があるボックスカルバートが必要
- ② 開かずの踏切や高齢化社会に適さない横断歩道等に対して、地下人道路が重要
- ③ 発注者の要求した矩形函路に対し、設計から施工に到るまでの総合的な立場から満足できる技術指針の策定が急務
- ④ ボックス掘進機に適用可能なボックス函体の形状・寸法の規格化が必要(＝コンクリートメーカとの連携必須)
- ⑤ ボックス掘進機の開発資金の調達と工事実現に向けての営業展開
- ⑥ 従来工法よりも大幅な工期短縮および経済性の確保
- ⑦ ボックス推進工法の採用および工法の確立