

## 27. 翼推進工法の工事への適用

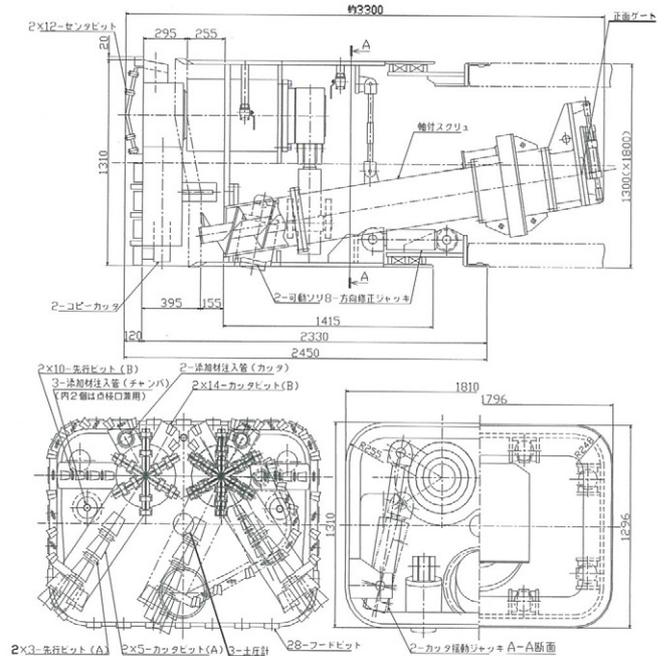
○銭高組 森 正嗣  
 銭高組 南葉 昭雄  
 日立造船 高橋 慎吾

### 1. はじめに

近年大都市圏の地下ではインフラが整備されガス、水道、下水道等の埋設管や地下鉄等の構造物が輻輳し、新たな管渠の敷設が困難な状況になっている。

そこで埋設物間に必要断面を確保できる扁平矩形推進機を開発した。矩形断面掘削機は一般に掘削機の中心軸を回転中心としたカッタで切削するため、矩形トンネルは正方形に近い形状となる。そのため扁平率が大きい場合その対応は難しい。翼推進工法の翼掘削機は1対のカッタヘッドを揺動することによって、様々な形状の断面が切削でき、大きな扁平率の矩形断面にも対応できる機構となっている。

本報文では自由な断面形状が掘削できる、翼推進工法の概要と、施工実績について紹介する。



### 2. 翼推進工法

#### 2-1 翼推進機の概要

(図1)(写真1)に、掘削機(翼推進)を示す。

翼推進機は、推進工法およびシールド工法に適用できるもので、左右1対の翼形状のカッタヘッドが、車に取り付けてあるワイパーのように往復揺動することによって矩形や円形、楕円形など様々な形状の都市トンネルの構築を可能とする。(図2参照)

また、中折れジャッキを装備して方向制御を容易とした。



写真1



図2

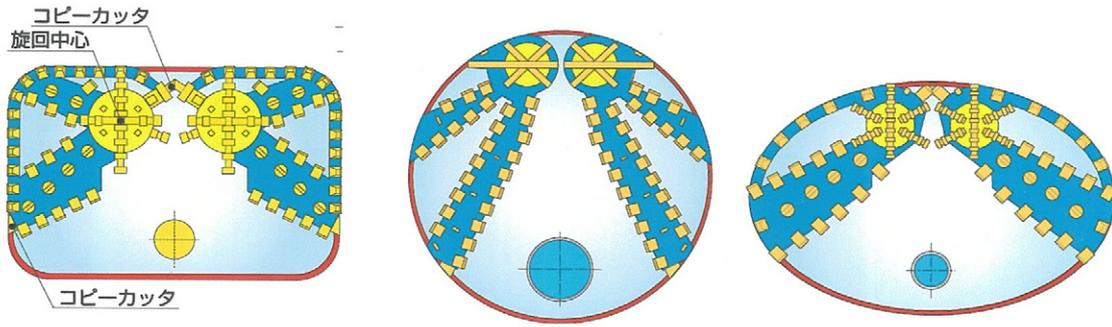


図3

翼推進機の特長として次の事項があげられる。

①様々な断面形状に適用が可能

翼推進機は、左右1対のカッタの回転中心が、トンネル中心よりも上部に偏芯して配置されている。またカッタは、トンネル断面の輪郭線に倣う形状の輪郭部を持っている。輪郭部にはカッタビットが配列されており、下部に未切削部が発生する場合にはコピーカッタを装備する。この左右のカッタが揺動することにより矩形、楕円形および円形等の様々な形状に適用できる。(矩形の場合は縦寸法および横寸法比が自在に選定できる。) (図3参照)

②シンプルな構造の推進機

一般に油圧モーターや電動モーターによるカッタの駆動は、大型のリングギヤや軸受けを使用するため、機内バルクヘッド部の構造が複雑となるが、翼推進機は、翼形状のカッタを油圧ジャッキの伸縮で駆動させることによって機内はシンプルな構造となっている。また揺動式カッタヘッドは、装備する油圧機器のためのスィベルジョイントを必要とせず直接油圧ホースが接続できる。これらの構造から同一断面の円形推進機と比較して、翼掘進機は重量、コストを低減できる。

③小口径への適用が可能

翼推進機は、駆動部の揺動ジャッキが最小径で□ 800 mm×800mmに収納できることから、小口径への適用が可能である。

④ローリング修正

矩形断面の場合、推進管がローリングした場合、出来形に直接影響し、推進機の修正も困難であった。翼推進機はローリング修正用の可動ソリをトンネル中心線を対象に左右に取り付けローリングの修正を行った。さらにカッタに装備したコピーカッタを単独に制御し下部左右の余掘り量に差を付けることによって、ロー

リングの修正を行うように設計した。

⑤切羽の安定性

泥土圧タイプで切羽の安定性が高く低土被りでの適用が可能である。また、密閉式泥土圧推進に位置づけられ、切羽安定のための補助工法を必要としない。また、添加材の対応によって幅広い土質での適用が可能である。

⑥隅角部外縁部が円弧状のボックスカルバート

一般のボックスカルバートは隅角部が90°であるが翼推進工法で使用するボックスカルバートは隅角部外縁部が円弧状になっている。これによって滑材注入口から注入された滑材の外周部への回り込みが良く、推進力の低減が図れ、ローリング修正が行い易い特性を持つ。

また、接続部の止水ゴムリングは、隅角部でのなじみが良く止水性が向上する。

当工事では内面に硫化水素に耐食性がある塩化ビニル樹脂を一体成型した。ボックスカルバートを(写真2)に示す。



写真2

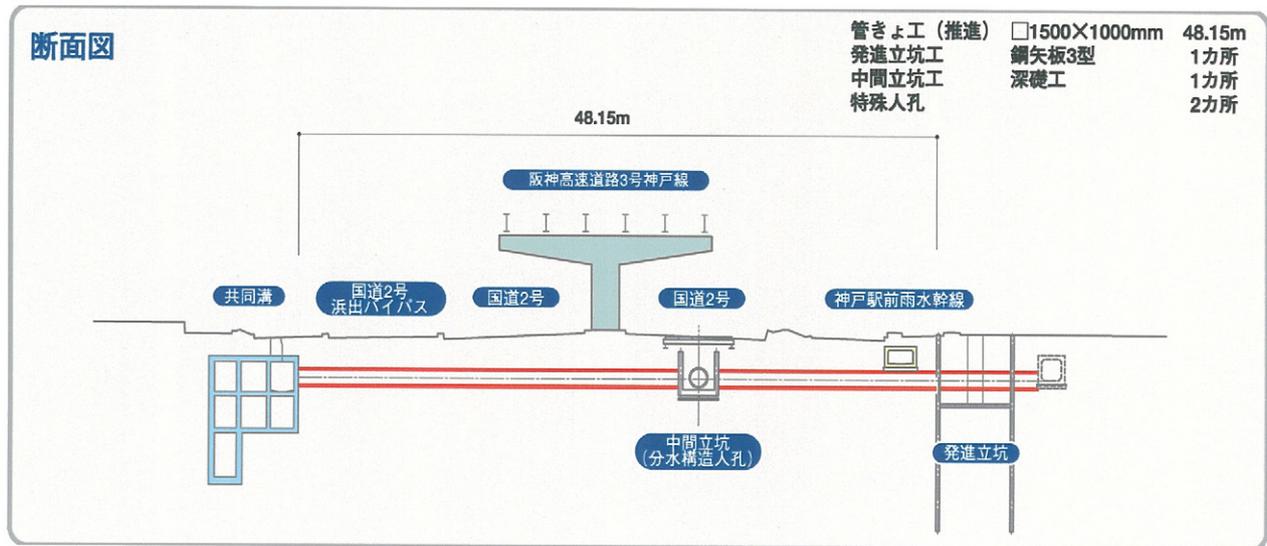
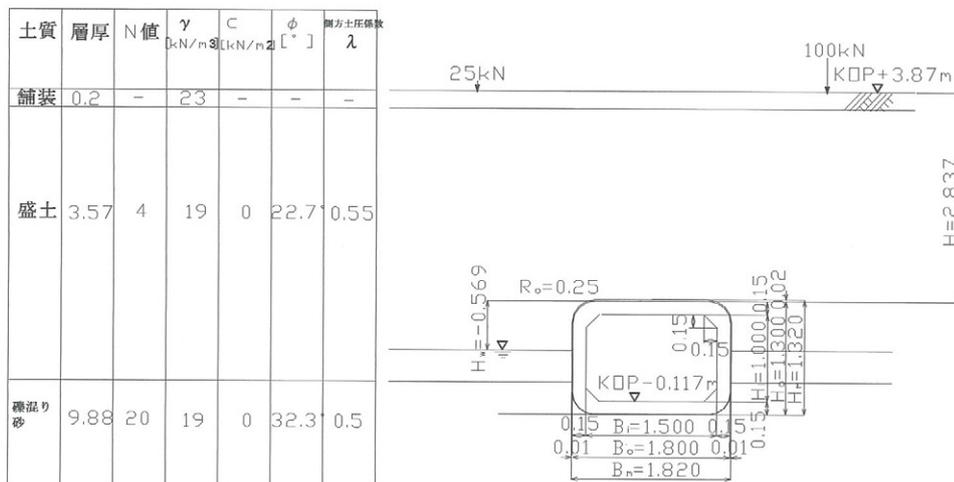


図4



ただし、長さの単位は[m]である。  
 地下水位以下では水中単位体積重量  $\gamma' = \gamma - 10$  [kN/m<sup>3</sup>] を使用する。

図5

### 3. 工事概要

本工事は、既成市街地の高度化に伴う汚水量の増加に対応するため、既設污水管と共同溝築造に伴い新設された污水幹線を接続するものである。図4に施工部の断面図を示す。

施工条件として、ポンプ場位置（上流側・図右）と共同溝位置（下流側・図左）を接続するものである。さらに、途中に神戸駅前雨水幹線の暗渠（□2400 mm×1200 mm）とNTTとう道（HP φ2200 mm）が埋設管渠として近接しているため、必要流量確保の観点から仕上がり横寸法1.5m、縦寸法1.0mの矩形断面となる。また、埋設する管渠の土被りが平均で2.4mと浅いため、当初は開削工が考えられたが、交通量の多い国道を横

断するなどの条件から非開削工法になった。

#### 3-1 地盤条件

当該工区はN値が10以下の砂質土地盤を対象とすることや、既設埋設管渠が多数存在するなど縦断的な制約が多いため、縦横比の自在性が高い矩形断面の密閉式矩形推進工法（翼推進工法）が採用された。

現場で採取した掘削断面の土質は、礫分28%、砂分68.4%、細粒分3.6%、地山含水比  $w=15.15\%$  であり、中砂から粗砂が主体で均等係数6.5の砂質土で添加材の調整が重要であった。配合試験の結果、細粒分の補給と土砂のまとまりの良さから鉱物系と高分子系の複合添加材を使用することとした。

当該工事の地盤条件を（図5）に示す。

## 4. 実 施 工

### 4-1 推進準備

地上設備として翼推進機のパワーユニット及び中央制御盤、元押しジャッキ用油圧ユニット、加泥材プラント、滑材プラントを設置した。推進機は地上からの遠隔操作で、駆動用の油圧ホース、制御用ケーブル等は推進と同時に順次延長するようにワンタッチジョイントとした。坑口にエントランスパッキンを取り付けた後、翼推進機を所定の位置に設置した。

発進坑口に矩形のエントランスパッキンを取り付けるとともに、発進時にカッタの揺動により推進機が左右に振れる恐れがあるので鋼材で推進機を取り巻く、門型の振れ止めを取り付け、矩形推進機の外周をクサビにより固定した。

### 4-2 推進計画と施工結果

#### (1) カッタトルク

揺動運動によるカッタトルクの設定では、円形シールドにおけるトルク係数のような判断基準がないため、砂の緩みに対する押し上げトルクを考慮した設計を行った。またカッタ輪郭部となる外周プレートが地盤の間に土砂を圧密することが考えられるため、外周プレートをテーパーにして、掘削された土砂がチャンバ内に流動し、地盤に圧密されない構造とした。

掘進では、カッタトルクが高めに推移し、地山との干渉も認められたが、推進機刃口に取り付けたフードビットが効果的に働いたと考えられる。

#### (2) 推進力

推進力は砂のため土・水圧を分離し、設計用土圧は全土被り分とした。

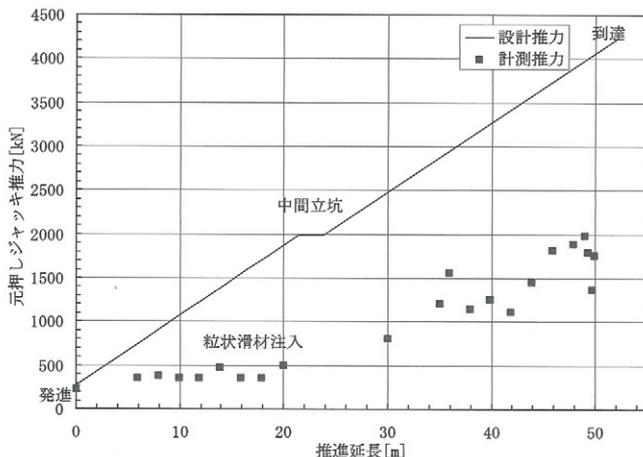


図6

初期抵抗力は、設計値の83%であり、カルバートでの計測土圧は隅角部外縁を円弧にしたこともあり、上方の砂の緩みを低減でき、設計値の40%程度となった。そのため到達付近での元押しジャッキ推力は設計値の34~50%となった。(図6参照)

#### (3) 方向制御

発進時は推進機のカッタ揺動の反力による本体の左右への振れもなく発進した。推進機には中折れジャッキ、可動ソリを装備しており方向制御、ローリング制御も順調に作動し高い精度で到達することができた。到達状況を(写真3)に示す



写真3

## 5. おわりに

翼推進工法は都市部の狭隘な地下空間に、翼掘進機によって扁平断面や自由な断面を構築し有効に利用することを目的として開発した。今回の施工実績を解析し、さらに翼推進工法の改良を重ねていきたい。

今後は、本技術を確立し、懸案となっている都市再開発の推進にともなうアンダーパス工事等に、扁平矩形断面を利用して、トンネル外郭部の先行掘削で大断面を構築する工法等、新たな展開を考えていきたい。

最後に技術開発ならびに工事にご協力頂きました関係各位に深く感謝申し上げます。