

23. J-PLAD 工法の開発

新日本製鐵(株)：長谷川 久・野崎 啓太
*作田 憲一

1. はじめに

21世紀に向けてのインフラ整備が進められる中で、各種ライフラインの敷設工法として開発されたパイプライン弧状推進工法(PLAD=Pipe Line Arch Drill Method)は、開発以来着実に実績を重ね、現在、延べ27件の工事実績を数える。

PLAD工法とは、方位掘削技術を応用し地上から斜めに孔を掘り進みアーチ状の軌道を描いて河川や港湾、鉄道等の障害物の下を横断し、孔の中にパイプラインを敷設する工法である。しかしながら、従来のPLAD工法では、敷設するパイプラインの管径が大きくなると掘削抵抗が増加する等から、パイプライン敷設管径の上限を1000mmとしてきた。そこで、敷設管径が1000mmを越えてもパイプラインを弧状に敷設することのできるJ-PLAD工法(Jumbo-PLAD)の開発に着手した。

本文では、J-PLAD工法の概要と昨年度実施した実規模フィールド実験の結果について報告する。

2. J-PLAD工法の概要

J-PLAD工法の開発は、敷設外径2000mmの曲線トンネルの構築を目標とした。この目標を達成させるためには、PLAD工法での最大敷設管径の2倍に相当する孔の拡張を必要とし、掘削トルクの増大や排土量の増大等の課題を克服する掘削システムが要求される。

課題克服のための掘削システムとして、1つ目に掘削トルクの伝達に管内駆動方式を採用した点がある。PLAD工法での掘削トルクは、発進側の推進機からドリルパイプを介して伝達されるが、J-PLAD工法では、トルク増大に対応するため内部モーターにより掘削トルクを与えるものとした。2つ目は掘削ヘッドと後続部をスライドジャッキで接続した点である。これにより、掘削ヘッドのみ引き込みを行うことができるため掘削抵抗力の低減が可能となる。3つ目は排土方式として、泥水式シールド工法で用いられる流体輸送式を採用した点である。流体輸送式を採用することで、掘削土砂を管内に取り込む事が可能となるため、掘削外径の大径化により掘削土量が増大しても、確実に排土することが可能となる。掘削ヘッドの基本構造図を図-1に示す。

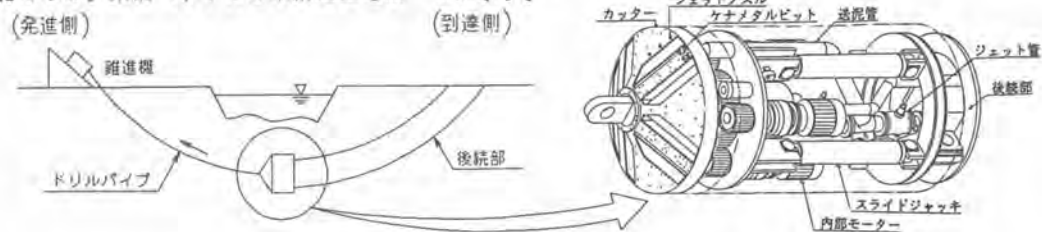


図-1 掘削ヘッド

3. J-PLAD工法の施工手順

STEP-1:パイロット工

発進側に設置した斜めの反力架台と推進・回転及び牽引装置からなる専用掘削機を用いて小径（2-7/8 or 5 インチ）のパイロットパイプを計画された軌道に沿ってパイロット孔を掘削する。掘削は、パイロットパイプ先端に設置した軌道制御機能を持つ泥水圧駆動型掘削装置又は泥水JET型掘削装置によって行う。掘削軌道は、先端掘削装置の直後に位置する孔芯測定器により地上からモニターされる。掘進距離が長くなるとパイプ周辺の抵抗が増大するため、パイロットパイプに2-7/8インチを使用した場合では、パイロットパイプの外側にウォッシュオーバーパイプ（5インチ）をかぶせて回転させながら掘進して、パイロットパイプの抵抗を低減させると共に軌道を確保する。

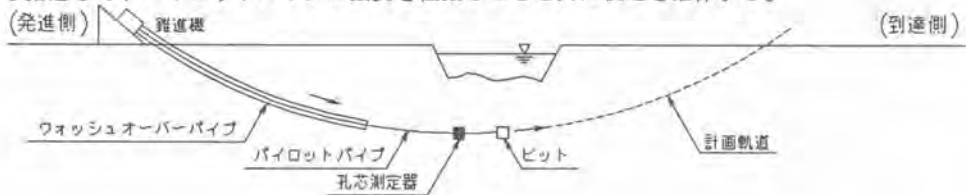


図-2 パイロット工

STEP-2: 拡張・ドリルパイプ入替工

到達したウォッシュオーバーパイプに拡張・入替用ビットと本管を引き込むための十分な強度をもつドリルパイプ（5インチ）を接続して縦進機側へ回転させながら引込み、拡張をしながらウォッシュオーバーパイプと入れ替える。このステップは、延長、管径、土質によっては省略する事がある。

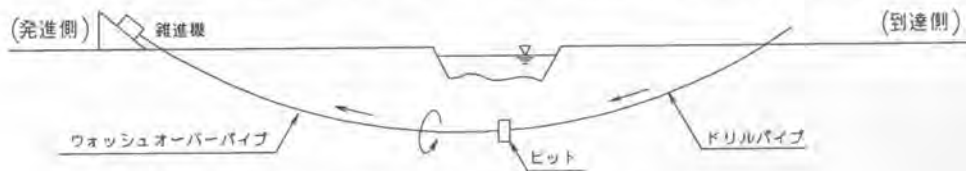


図-3 拡張・ドリルパイプ入替工

STEP-3: トンネル構築工

到達側のドリルパイプの先端に掘削ヘッドを取り付け、この掘削ヘッドをヘッドに内蔵したモーターにより回転させ、掘削ヘッド前面より泥水を噴射させながら発進側に引き込む。掘削ヘッドを発進側へ引き込んだ後、内部ジャッキにより後続部を引き込む（図-5 参照）。掘削ヘッド及び後続部を引き込む際の引き込み反力はドリルパイプを介して発進側の縦進機にとる。また、掘削に使用する泥水は、掘削土砂と共に排泥ポンプにより管内を通して搬送され、泥水プラントにて処理された後、再度利用される。

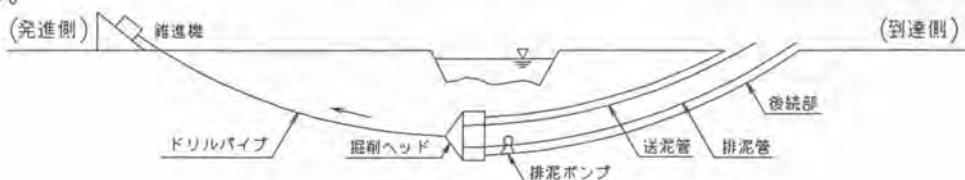


図-4 トンネル構築工

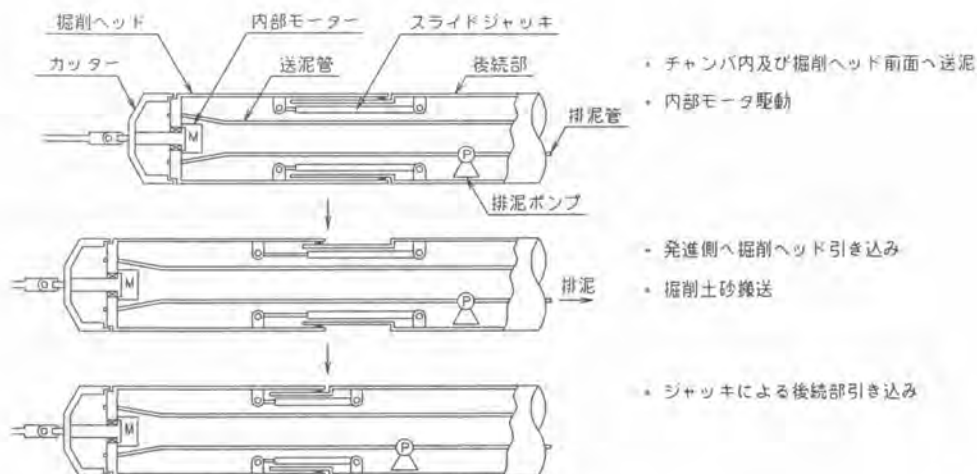


図-5 後続部引き込み手順

4. フィールド実験の概要

フィールド実験の目的は、実規模の掘削設備を用い、掘削ヘッドによる掘削性能や泥水環流システムの設備能力の検証、一連の掘削操作手順の確認等を行うことでJ-PLAD工法を確立させることにある。実験は昨年6月～10月にかけて千葉県木更津市において実施し、進延170m、

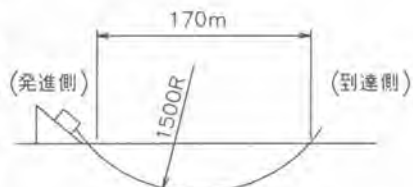


図-6 実験計画軌道図

掘削ヘッド外径 $\phi 1750$ mm、後続部は管径1500Aの鋼管とした。実験スケジュールを表-1に、実験計画軌道図を図-6に示す。また、本実験での土質条件は、地層が洪積層、土質がローム(N値

表-1 実験スケジュール

	6	7	8	9	10
○不陸整正・仮設・機械据付	20	22			
①パイロット孔掘削		23	28		
②Reaming			8, 10		
③大径掘削・1500A管引込み工		23	準備	31	8
○解体・撤去・原形復旧				8	18

2～8)及び砂質土(N値5～30)であった。本実験で使用した掘削ヘッドの主仕様及び掘削ヘッド前面図を表-2、図-7にそれぞれ示し、泥水環流フローを次項図-8に示す。

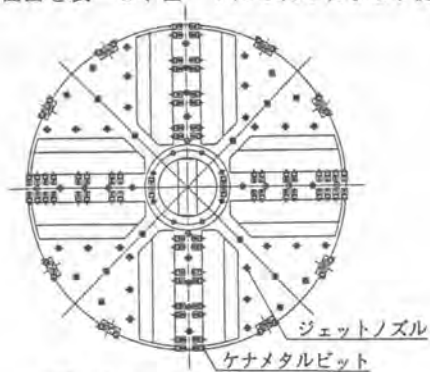


図-7 掘削ヘッド前面図

表-2 掘削ヘッド主仕様

適用鋼管	$\phi 1524(1500A)$
回転数	15.5 r.o.m
カットルック	常用7.5 t ^r -m 最大11.3 t ^r -m
電動機	30 ^h v x 4 ^p x 400 ^v x 4 ^h
スライドジャッキ	3180 ^h x 1050 ^h x 350 ^h / cm ² x 4 ^h
油圧ポンプ	30 ^l /min x 350 ^h / cm ² x 1 ^h
ユニット電動機	22 ^h v x 4 ^p x 400 ^v x 1 ^h
電源	AC 50 ^h z 3 ^h 400 ^v

5. フィールド実験結果

①一連の掘削操作作業性・手順の確認

今回のフィールド実験は、 $\phi 1750$ mmの大径掘削ヘッドを発進側へ引き込み、後続部に鋼管を敷設する事を実証する前例のない実験であったため、まず、一連の掘削操作作業性の検証及び作業

手順フローの確認が必要であった。

従来のPLAD工法での掘削操作は、発進側推進機のオペレーションが90%以上を占めていたが、J-PLAD工法のオペレーションでは到達側での掘削ヘッドの操作及び環流設備の操作が加わり、

これら操作のウェイトが高くなる。そこで、操作を全てマニュアルで行い、一つ一つの作業内容及び作業手順を確認しながら掘削操作作業性を検証した。

②大径弧状トンネル構築の実証

実験向けに製作した掘削ヘッドは、軌道曲率の曲げ、掘削前面抵抗等に対して十分に機能し、掘削ヘッドが上り軌道を掘り進む際も、先行したドリルパイプに沿ってスムーズに弧状に掘削可能なことを確認した。また、環流設備についても、掘削土の確実な排土、及びその泥水処理を実施する事が出来る事を確かめた。実験用地の都合により推進距離170mと短距離でのトンネル構築実験ではあったが、大径化、長距離化への応用のための掘削データ及び泥水環流データを得ると共に大径弧状トンネルの構築を実証した。

③Jet効果の実証

掘削ヘッドの特徴の1つに、掘削ヘッド前面に泥水噴射ノズルの取り付けがある。この泥水噴射ノズルは、掘削時にWater・Jetを噴射させることで掘削トルクの低減を図ることを目的としたが、今回の砂が中程度に締まった地盤において、掘削速度25cm/min、Jet流量 $1.0\text{m}^3/\text{min}$ (Jet圧約 $20\text{Kg}/\text{cm}^2$)の条件下での掘削は、Jetを噴射させない時の掘削と比べ、掘削トルクを約30%減少させることが可能という結果を得た。Water・Jet噴射状況を写真-1に示す。



写真-1 Water・Jet噴射状況

5. おわりに

本実験では主に掘削性能及び環流システムを検証し、たて坑なしに径2000mmまでの曲線トンネルを構築するJ-PLAD工法の実用化の目処を付けた。今後は、岩盤やレキとの互層等難しい土質条件への対応力を強化すると共に掘削設備、環流設備のコンパクト化を図る等、より一層工法の充実を図っていく所存である。

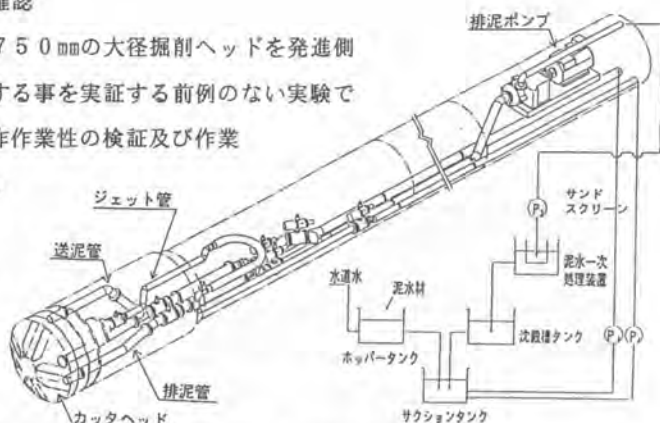


図-8 泥水環流フロー