

コマンド工法による泥濃式推進工の施工

－金杉汚水幹線－

東京土木支店

土木工事部（名古屋支店在住）

篠田泰伸

概要：泥濃式推進工法として、コンパクト立坑からの推進が可能であり、標準管・半管の2種類の管が使用可能で長距離推進や急曲線推進が可能という厳しい制約条件下において、トータルメリットの高品質化を追求して、コマンド工法が開発された。本稿では、「コマンド工法」の概要を述べるとともに、本工法により施工した、金杉幹線管渠布設工事（その2）について紹介する。

Key Words：コマンド工法，泥濃式推進工，コンパクト立坑，長距離・急曲線推進

1. はじめに

コマンド工法は、公益社団法人 日本推進技術協会の『泥濃式推進工法』に属し、推進工法用鉄筋コンクリート管の先端に方向修正ジャッキ等を装備した密閉型泥濃式掘進機を先導体としてコンパクトな立坑（φ3000 mm、φ2500 mm及びφ3500 mmケーシング，または長さ4000 mm及び3600 mmの鋼矢板立坑）から中押ジャッキを用いず推進管を推進・埋設する工法である。

従来の泥濃式推進工法では、コンパクトな立坑から標準管 L=2.43m が発進不可能であり、半管 L=1.20m での発進だけでは施工コストも高額となるため、ほとんど対応されないのが現状であった。

そこで、狭い発進基地の厳しい制約条件下において、施工性に優れ、経済的な泥濃推進工法としてコマンド工法が開発された。

本稿では、「コマンド工法」の概要を述べるとともに、本工法により施工した、金杉幹線管渠布設工事（その2）について紹介する。

2. 金杉幹線管渠布設工事（その2）の概要

金杉汚水幹線は、金杉台団地内の污水处理施設の老朽化に伴い面的整備を目的とした汚水幹線である。工事区間周辺は農道であり、地元住民の反対もあり道路への管理設が困難であることから、北谷津川の下に管理設する設計となった。川の線形に沿って、R=200・R=100・R=30の曲線を伴う管径800 mmの延長302m長距離・急曲線施工可能な泥濃推進かつ、発進基地の用地確保が困難でコンパクトな発進立坑しか設置できないことから、施工性、経済性に優れた本工法が選定された。



篠田泰伸

金杉污水幹線の概要を以下に示す。

- ・工 事 名：金杉幹線管渠布設工事（その2）
- ・発 注 者：船橋市
- ・工事場所：船橋市金杉町 1135 番 1 地先
- ・工 期：平成 27 年 8 月 4 日～平成 28 年 6 月 30 日
- ・工事延長：351.6m
- ・管きょ工：（推進・管径 800 mm）301.7m
- ・管きょ工：（推進・管径 490 mm）49.9m
- ・マンホール工：3 箇所
- ・発進立坑工：（鋼製ケーシング・ ϕ 3000 mm）1 基
- ・補助立坑工：（鋼製ケーシング・ ϕ 2500 mm）1 基
- ・到達立坑工：（鋼製ケーシング・ ϕ 2000 mm）1 基



写真-1 着工前状況

着工前状況を写真-1に示す。

位置平面図を図-1に示す。

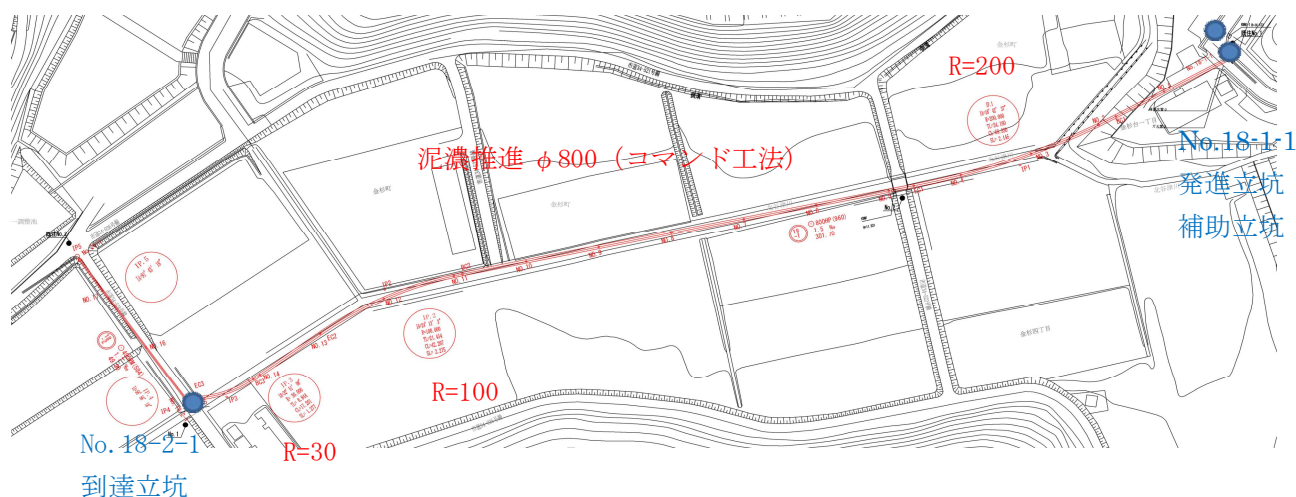


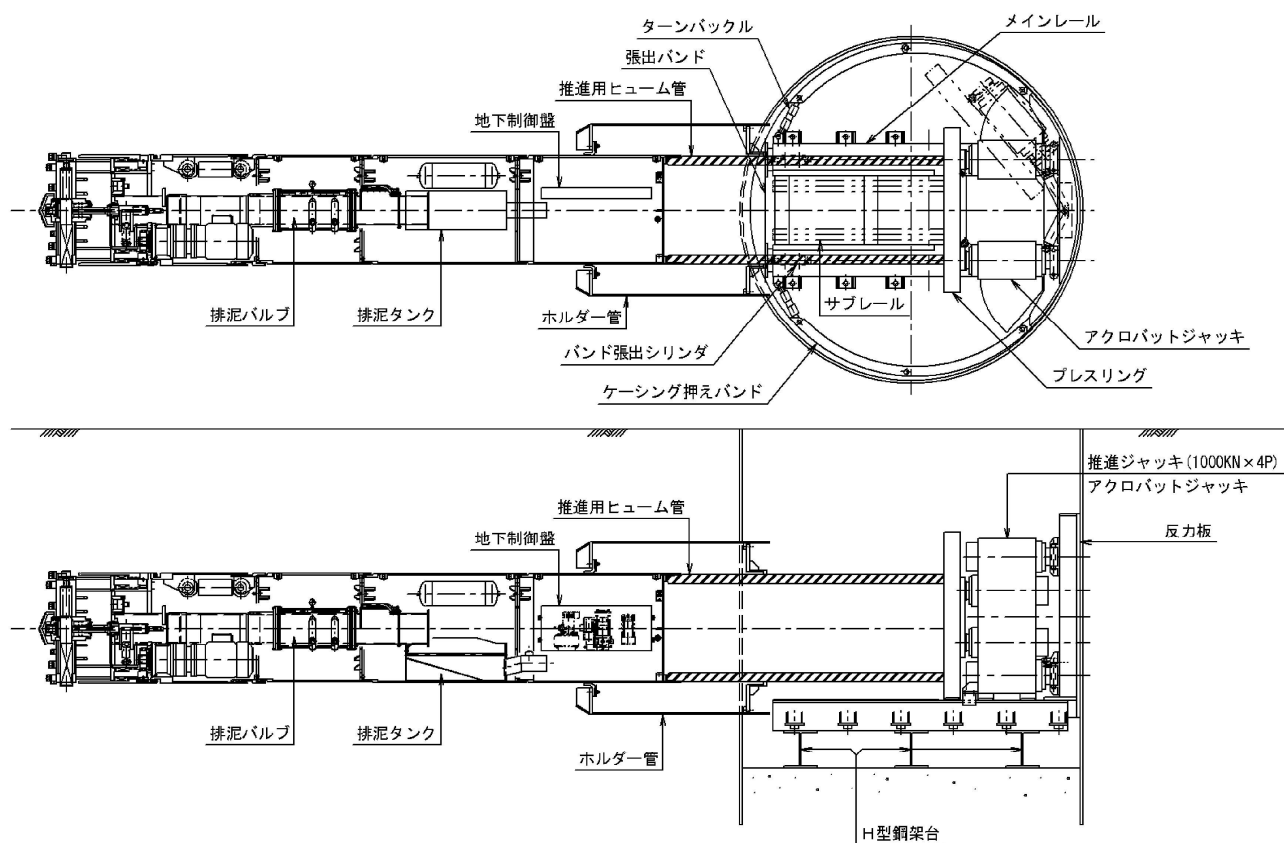
図-1 位置平面図

今回、施工対象となる No. 18-1-1 から No. 18-2-1 区間の推進は、管径 800 mm の延長 302m の泥濃推進である。北谷津川の下に沿って推進・埋設するので、中間立坑設置が困難であることから 1 スパンの長距離推進である。到達立坑の位置と官民境界の関係で R=30 の急曲線を含む推進であり、金杉台団地内の私道に大規模発進立坑が設置できるスペースを確保できないこともあり、コマンド工法による推進工事を実施するに至った。

3. コマンド工法の概要

コマンド工法とは、地上専用立坑面積を従来工法の半分以上となる円形 ϕ 3000 mm の発進立坑を使用し、交通支障や地下埋設物への影響を最小限にとどめ、標準推進用ヒューム管を推進可能にするため、マシンの地中格納化を図りました。コマンドマシンには地中格納庫構築用のホルダー管を装備して一次発進を行い、引き続いて本体マシンが二次発進する 2 ステップシステムとなっている。また、コンパクトな立坑スペースの作業性向上を目指して開閉自在な 4 段 2 ステップジャッキ（アクロバットジャッキ）を使用している。なお、到達立坑は ϕ 2000 mm 円形立坑によるマシンの分割回収を可能としている工法である。

工法概要図，コマンドマシーンおよびアクロバットジャッキを図－2，写真－2，写真－3に示す。



図－3 工法概要図



写真－2 コマンドマシーン



写真－3 アクロバットジャッキ

コマンド工法の特徴は以下のとおりである。

① コンパクト立坑からの推進可能

アクロバットジャッキまたはコマンドジャッキと、V.E (バリアブル・エンジニアリング) 対応型掘進機により $\phi 3000\text{mm}$ 、 $\phi 2500\text{mm}$ 及び $\phi 3500\text{mm}$ ケーシング立坑、または長さ 4000mm 及び 3600mm の鋼矢板立坑から発進可能である。

② 標準管・半管の2種類の管が使用可能

下水道推進工法用鉄筋コンクリート管の標準管及び半管の2種類の管を使用できる。

③ 適用土質が広い

安定液として高濃度泥水を利用することによって、切羽及びテールボイドの安定が確実であるため軟弱層から透水性の高い砂礫層まで広範囲の土質に対応可能である。

④ 長距離・急曲線推進が可能

オーバーカットを行うことによって、低推進力による長距離推進やカーブ推進が可能である。

⑤ 排泥が容易

排泥は真空吸引輸送方式なので、長距離輸送が可能である。

4. 施工方法

図-4 に施工順序図を示す。

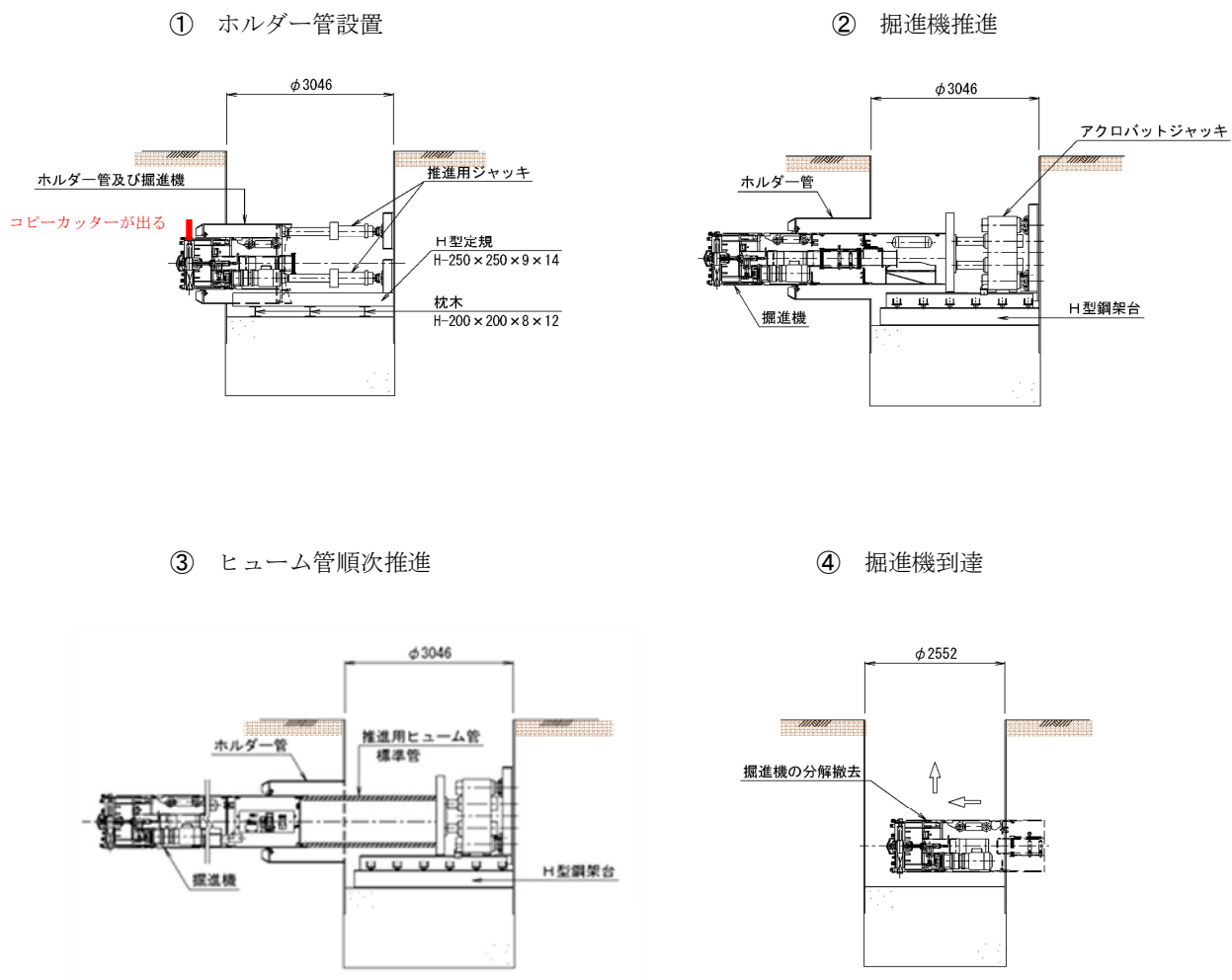


図-4 施工順序図

① ホルダー管設置

ホルダー管用発進架台を設置し、コマンドマシンのコピーカッター機能で、ホルダー管を装着したまま一次発進を計画位置まで推進用ジャッキで掘進する。掘進完了後、発進坑口とホルダー管を溶接接合する。ホルダー管内架台、推進用ジャッキを撤去し、本掘進用の推進架台、アクロバットジャッキを設置する。

コマンドマシンの推進状況を写真-4に示す。

アクロバットジャッキを写真-5に示す。



写真-4 コマンドマシンの推進状況



写真-5 アクロバットジャッキ

② 掘進機推進

泥濃式推進に際して、切羽の状況、掘進機、送排泥プラントの運転状況を十分に確認しながら、土の締め付けにより推進不能とならぬよう、推進の途中では中断せず速やかに到達させるよう工程管理をする。

③ ヒューム管順次推進

標準推進用ヒューム管をホイストクレーン付き吊り金具で斜めに固定して立坑内に建て込み、ホルダー管内に設置して順次推進する。1本推進が完了する毎に管内でトラバース測量を行い、位置の確認をする。

標準推進用ヒューム管据付状況を写真-6に示す。

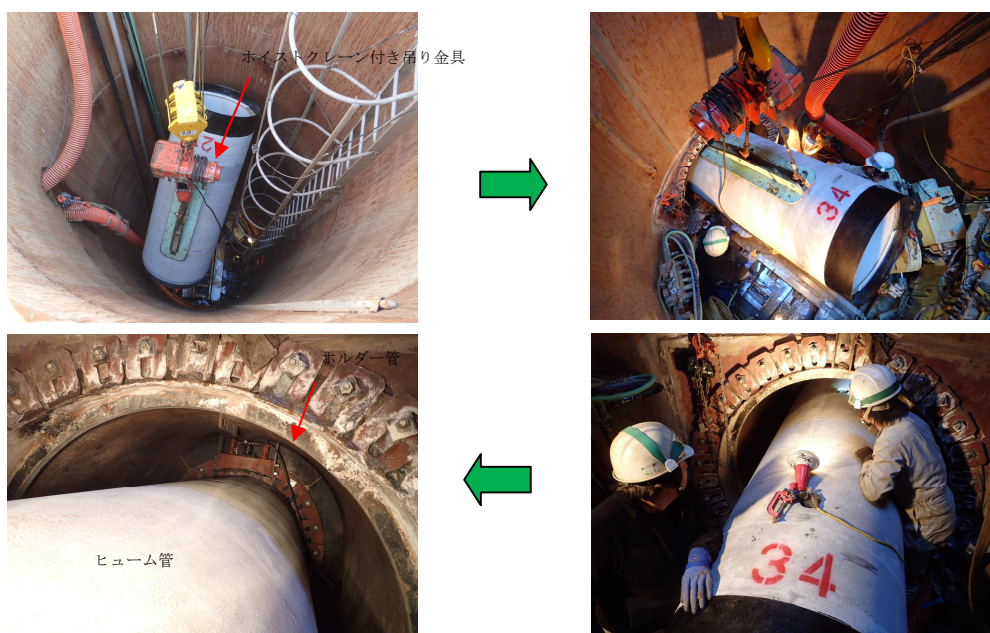


写真-6 標準推進用ヒューム管据付状況

曲線推進では、推進力の曲線外側方向への分力により(分力が地山強度を超える)掘進機が外側に張り出そうとする。これに対して、地盤に十分な強度(地盤反力)がない場合、線形の維持ができなくなる。推進延長 $L=229\text{m}$ ・ $R=100$ (土質:腐植土・ N 値0)を推進施工中の推進精度は、管 No. 98 推進時において水平変位右 30 mm(修正ジャッキ量 30 mm)、管 No. 99 推進時において水平変位右 39 mm(修正ジャッキ量 35 mm)であった。上下鉛直においては常に 15 mm程度の修正ジャッキ量にて維持していた。管 No. 99 推進時においてジャッキ量 $35\text{ mm}+15\text{ mm}=50\text{ mm}$ で最大ジャッキ量 50 mmに達していた。修正ジャッキ量を増加しているにもかかわらず、水平変位が右(外側)に押され増えていることが確認できた。

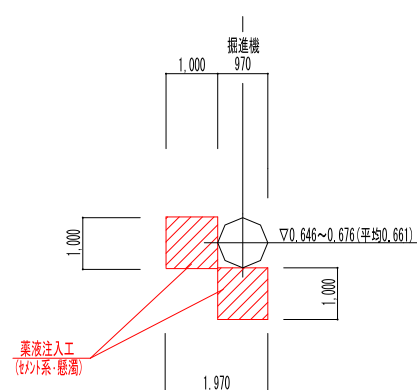


図-5 地盤改良図

$R=30$ (到達付近)では、土質:腐植土・ N 値0、最大ジャッキ修正量等により困難となる事が予想された。線形の変更は官民境界を犯す又、到達立坑が施工済みなど問題点も多く困難であった。そこで推進路線の外側に垂直及び水平に強固な地盤改良(懸濁型薬液注入)を施工する事により線形の維持を図ることとした。注入量は、 N 値5~8を目標とし日本グラウト協会(平成27年度)設計資料を基に、注入率35%及び最小改良範囲を高さ1.0m・幅1.0mを適用した。これにより、計画通りの線形で施工できた。

図-5に地盤改良図を示す。

④ 掘進機到達

到達付近は、泥濃式推進工法では、オーバーカットを原則としている為に、管周辺より泥水及び地下水を呼び込む恐れがあり、掘進機の引き抜きの際には、十分な注意が必要である。到達5m程度手前より、地山及びテールボイドを乱さないように、可塑剤を十分に注意しながら管周辺の地山の自立を図り、慎重な推進を行う。

掘進機が確認されたら、追加薬液注入により止水効果を改善し、到達側より確認孔をあけ、掘進機の位置の確認及び地山の状況を調べ良好と判断したら鏡切りを行う。鏡切り後、坑口を取り付け直ちに掘進機を押し出し分割回収する。

掘進機到達状況を写真-7に示す。



写真-7 掘進機到達状況

5. まとめ

コマンド工法によるφ800 泥濃式推進工事は、小規模の設備で道路の占用範囲をコンパクトに行うことができた、ホルダー管により標準推進用ヒューム管が使用できたので工期短縮と管材料費を抑えることができた。

本工法は施工性、経済性に優れた泥濃式推進工法と思われる。

謝辞

本工法の施工では、多大なるご指導、ご協力をいただいた関係各位に、心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) コマンド工法 技術・積算資料

平成28年4月