

解説

低耐力管による 長距離曲線推進を可能にした ベル工法

たかはし ひろゆき
高橋 博之

ベル・マイクロ工法協会
技術委員
(株式会社エンジニアリング)

1 はじめに

日本国内の下水道処理人口普及率の上昇に伴い、推進工事での長距離・曲線、既設マンホールおよび既設シールド到達、車上プラントなどの施工条件の制約が増えており、年々施工難易度が高くなっている。推進工事は70年以上の歴史があるが、これらの課題に対して、各工法協会と施工業者が切磋琢磨して築きあげてきた推進技術が、現在の設計基準を普遍化してきたと考える。

ベル工法においては、輻輳する既設埋設物などに対応するため、マイクロ工法の管内測量技術を継承し、改良を重ねている。管周面抵抗を分割させるためのインナー装置の開発により、防食性・耐薬品性に優れた塩化ビニル管での長距離曲線推進施工を実現している。

2 長距離推進を支える技術

2.1 ベル工法の基本原理

従来の低耐力管推進工法は、先導体にかかる先端抵抗力を推進力伝達ロッドに負荷させ、推進管には管と土の周面抵抗力を負担させる方式のため、推進距離に比例して管の周面抵抗力が増加し、推進力が上昇す

る。従って、管の許容耐力までの推進力の範囲が推進許容延長となる（図-1）。

従来の工法に対して、ベル工法は、管の周面抵抗力を分割して鋼製インナー装置に負担させる方式で、管の許容耐力を下回る間隔の16m毎に鋼製インナー装置の支持部材（写真-1）で推進管を支持することで、

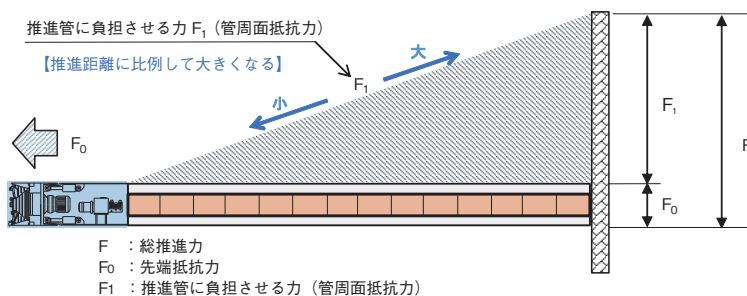


図-1 従来工法概念図

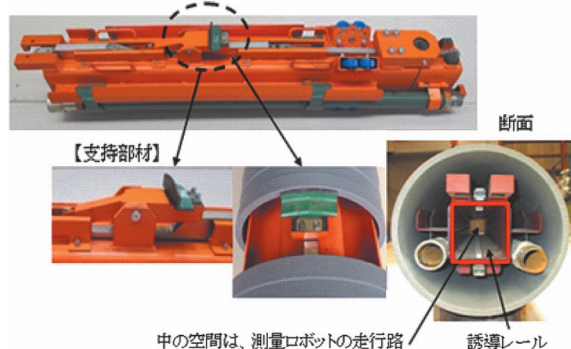


写真-1 インナー装置支持部材

管の耐荷力に制限されるのではなく鋼製インナー装置の耐荷力を利用し、長距離推進を可能としている（図-2）。

2.2 主要機器

(1) 掘進機

①標準掘進機

掘進機（本工法では付属装置を含め先導体と称するため、先端の装置を“掘進機”と称す）は、2箇所方向修正装置があり、最小曲線半径 $R=60\text{m}$ まで対応可能である。また5分割することができ、2号マンホール内での先導体回収および鉄蓋（ $\phi 600\text{mm}$ ）からの搬出が可能である（写真-2）。



写真-2 標準掘進機

②礫対応掘進機

三段階で礫を破碎する構造となっている（写真-3、図-3）。

フロント（第一）クラッシャ部から取り込んだ岩石・砂・砂利は、第二クラッシャ部の泥水噴射口より噴射された泥水により砂・砂利は洗浄され、岩石のみ砕く。そして、

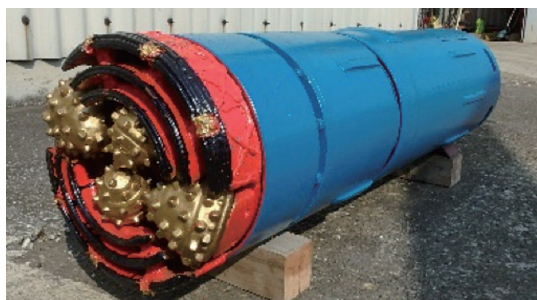
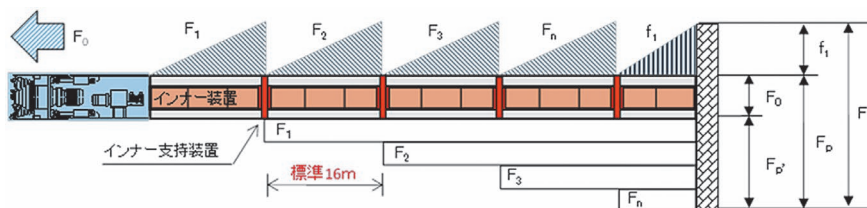


写真-3 礫対応掘進機



- F : 総推進力
- F_0 : 先端抵抗力
- F_p : インナー装置に負担させる総抵抗力(F_0+F_p)
- $F_{p'}$: 推進工法用管に作用する分割管周面抵抗力の総和($F_1+F_2+F_3+F_n$)
- $F_1\sim F_n$: 管の分割管周面抵抗力（※インナー装置に負担）
- f_1 : 最終分割区間の管周面抵抗力（※元押装置が直接負担）

図-2 ベル工法概念図

第三クラッシャ部でさらに細かく砕く。この仕組みによりビットの摩耗が少なくなり、礫地盤から普通土に変化する互層にも対応可能である。

(2) インナー装置

インナー装置（鋼製）は、管の周面抵抗力を分割する支持部材の機能を有するだけでなく、自走式計測ロボットの走行路（BOX部）と送排泥管やケーブル類のトレイが一体となっており、本装置を推進管内に挿入し、順次接続して推進する。また、掘進機から発進立坑までのインナー装置および支持部材で支持された推進管が連結された一体構造となっているため、予期せぬ地中障害（既設構造物・流木・巨礫等）に遭遇した場合でも引き戻しが可能であり、迂回線形での再掘進により支障物を回避することができる。

推進到達後は、プルロッドを引くことにより全ての支持

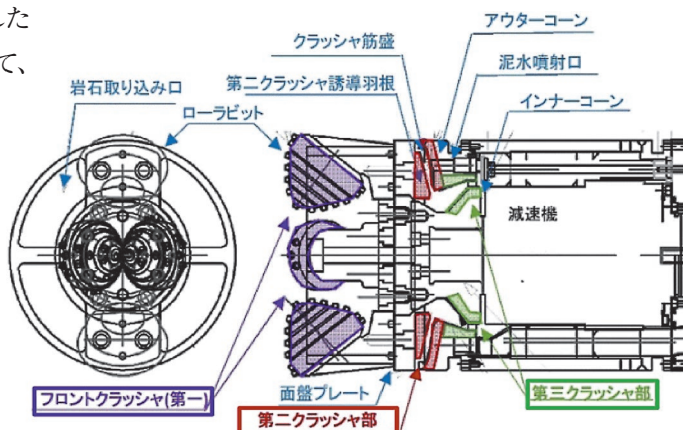


図-3 礫破碎クラッシャ構造図