

解説

難条件の小口径長距離曲線推進に 応える「ベル工法」

なえだ よしあき
苗田 徳照
ベル・マイクロ工法協会
事務局長

1 はじめに

日本国内では昭和23年（1948）に初めて推進工法が施工されてから76年が経過したが、施工者や機械メーカーの研鑽により推進工法の技術は格段に向上し、管路敷設手法のひとつとして確実に定着してきた。その結果、令和4年度末の下水道をはじめとした農業集落排水やコミプラ、浄化槽等を含めた全国の汚水処理人口普及率は92.9%（下水道処理人口普及率は81.0%）となり、高い普及率を達成している。しかし、近年の地下埋設物の輻輳化や交通条件等の制約条件の増加、軟弱地盤などの土質条件により、これまで着手できなかった長距離推進や曲線推進のニーズが高まっている。実際のところ、近年のベル・マイクロ工法協会（以下、当協会）への問合せは制約が多い「難条件」での長距離曲線推進計画が多く、これらの課題に込えている。

本稿では、このような難条件に対応が可能な硬質塩化ビニル管を用いた長距離曲線推進工法「ベル工法」（以下、本工法）を紹介する。

2 ベル工法の開発経緯

下水道用硬質塩化ビニル管の歴史は比較的浅く、下水道協会規格（JSWAS）が定められた昭和49年（1974）以降に急速に普及し、主に小口径管の開削工法による

管きょ敷設工事において多用されてきた。

硬質塩化ビニル管の特性として、防食性、耐薬品性、耐震性に優れ、かつ、鉄筋コンクリート管や陶管より軽量で作業性が良いことが挙げられるが、この特性を活かして推進工事でも使用できないかとの要望があり、昭和62年（1987）に初めて低耐荷力管推進工法（オーガ式）が開発された。その後、圧入式、泥水式、泥土圧式などが開発され低耐荷力管推進工法は発展してきたが、近年は冒頭で記載した制約条件等から、硬質塩化ビニル管を用いて長距離・曲線推進ができないかとの要望があった。しかし、塩化ビニル管は軸方向の耐荷力が小さいため、長距離推進の実現は困難とされてきた。

国（NEDO（国研）新エネルギー・産業技術総合開発機構）、国土交通省等）の助成とご理解を得ながら、この課題に取り組み、平成21年（2009）に開発されたのが本工法である。以下に本工法の推進システムを説明する。

3 推進システム（管周面抵抗力分割方式）

従来の低耐荷力管推進工法は、先導体にかかる先端抵抗力を推進力伝達ロッドに負担させ、管と土との管周面抵抗力を全て推進管に負担させる方式である。管周面抵抗力は推進距離に比例して増加するため、管の許容耐荷力と等しい距離が推進可能距離となる。そのた

め、軸方向の耐荷力が小さい硬質塩化ビニル管では、概ね90m程度までが適用推進延長とされていた(図-1)。

一方、本工法は管周面抵抗力を分割して鋼製のインナー装置に負担させる方式で、約16m間隔でインナー装置の支持部材を設置し推進管を支持させる。管周面抵抗力をインナー装置に分割して負担させながら推進するので、硬質塩化ビニル管には16m以内の管周面抵抗力しか掛けない。このシステムにより管の耐荷力に制限されず、インナー装置の耐荷力により長距離推進を可能としている(図-2)。

4 ベル工法の概要と仕様

本工法の基本的な機構について説明する。

本工法は、低耐荷力管(硬質塩化ビニル管)を用いての推進となるため低耐荷力管推進工法に分類され、掘削方式は泥水式一工程方式の推進工法となる。掘進機は標準型と礫対応型があり、型式分類および仕様は表-1のとおりである。先導体は、掘進機、ポンプ筒、測量筒、ステーション関連機器搭載管で構成され、後続にはインナー装置を挿入した硬質塩化ビニル管を順次設置して、発進立坑から元押装置

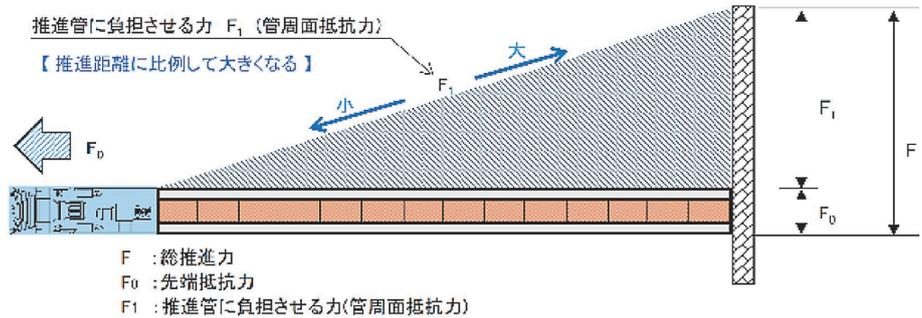


図-1 当初線形

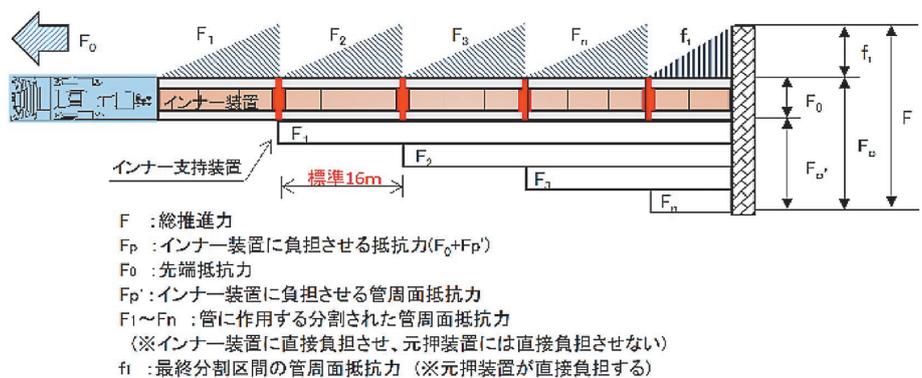


図-2 ベル工法(管周面抵抗力分割方式) システム図

表-1 ベル工法 型式分類および仕様

掘進機種別	標準型			礫対応型
	型式	V300	VC300	VC350
呼び径	300	300	350	300
最大推進延長 (m)	250			200 ^{*1}
最小曲線半径 (m)	直線	60 (複数曲線可)		
測量方式	レーザ	自走式計測ロボット		
適用土質	普通土・礫質土			礫質土・粗石混り土
最大礫径 (mm)	30	35	120 ^{*2}	
礫率 (%)	20			50 ^{*3}
一軸圧縮強度 (MN/m ²)	4			150
透水係数 (cm/sec)	10 ⁻² 以下 ^{*4}			
最小発進立坑 (mm)	2500 (推進管 1.33m 管を使用)	2000 (推進管 1.00m 管を使用)		
最小到達立坑 (mm)	1200 ^{*5}			
基礎と管芯高 (mm)	発進	700		
	到達	400		

※1: 粗石混り土は別途検討
 ※2: 4個/m以上は別途検討
 ※3: 50%以上は別途検討

※4: 10⁻²を超えるものは地盤改良等を別途検討
 ※5: φ600鉄蓋から回収可

で推進する。

推進時は先導体から発進立坑までの全ての機器が剛接合で連結され一体構造となるが、この機構が後述の