

解説

長距離推進＋複数急曲線推進＝難条件解決「ベル工法」

はたけなか なおと
畠中 直人
 ベル・マイクロ工法協会
 技術委員

1 はじめに

近年、下水道処理人口普及率の上昇により、下水道新設工事は減少傾向にあるが、地下埋設物の輻輳や周辺環境への配慮等により、長距離曲線推進の需要が増えている。また、管内清掃・管内カメラ等の管理技術の向上もその傾向を後押ししている。これまで、下水道管路に多く使用されている低耐荷力管（硬質塩化ビニル管）は、防食性や耐薬品性、耐震性に優れているが、軸方向の耐荷力が低いため長距離推進は不可能とされていた。その課題を解決すべく、低耐荷力管（硬質塩化ビニル管）を用いて長距離推進を可能にするシステム「ベル工法」を開発した。特殊工法として初めての施工から14年が経過し、施工実績を積上げたことで「推進工法用設計積算要領 小口径管推進工法（低耐荷力推進工法編）（2022年度改訂）」に「泥水式（タイプⅢ）（管周面抵抗力分割方式）」として初めて本掲載された。本稿は、そのベル工法の概要および特徴について紹介する。

2 工法概要と推進システム

2.1 工法概要

ベル工法は、低耐荷力管を用いて長距離・曲線推進を可能とした工法（標準計画L=250m）であり、多様な施工条件においても対応でき、これまで最長281mの施工実績もある（図-1）。またベル工法は、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に種別される。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、掘進機とポンプ筒、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で推進する（図-2）。

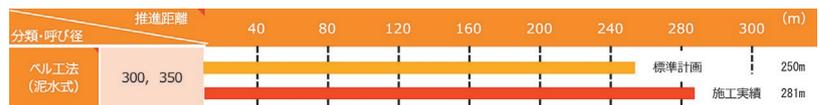


図-1 適用推進延長（標準計画・施工実績）（普通土）

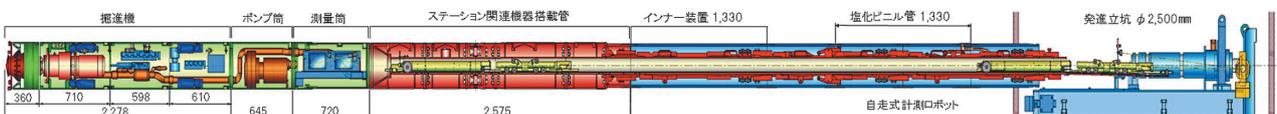


図-2 ベル工法 システム図

表-1 ベル工法 型式・分類・仕様

掘進機種別	標準型			礫対応型
	型式	VC300	VC350	VC300D
適用呼び径	300		350	300
最大推進延長 (m)	250		200 ^{※1}	
最小曲率半径 (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、粗石混り土			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 (m/sec)	10×10 ⁻⁴ 以下 ^{※4}			
最小発進立坑 (mm)	2500			
最小到達立坑 (mm)	1200 ^{※5}			

- ※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 10×10⁻⁴を超えるものは地盤改良等を別途検討
- ※5 φ600mm 鉄蓋から回収可

2.2 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る (図-3)。

ベル工法は、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。この方式は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、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に、インナー装置の耐荷力による推進システムなので長距離推進を可能としている (図-4)。

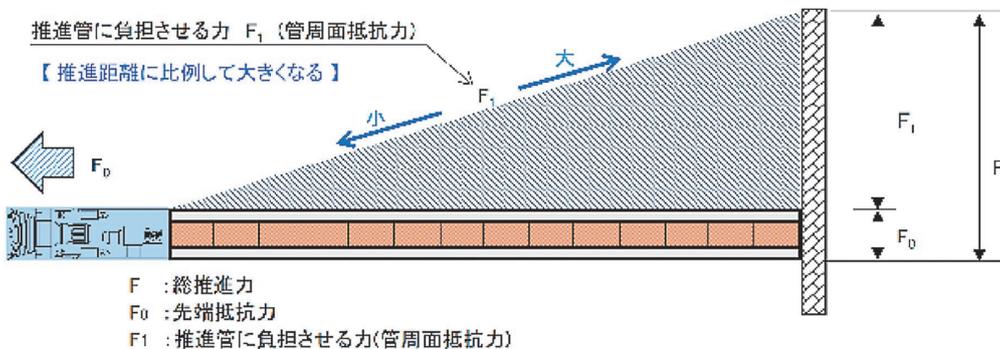


図-3 従来工法による周面抵抗力の概念

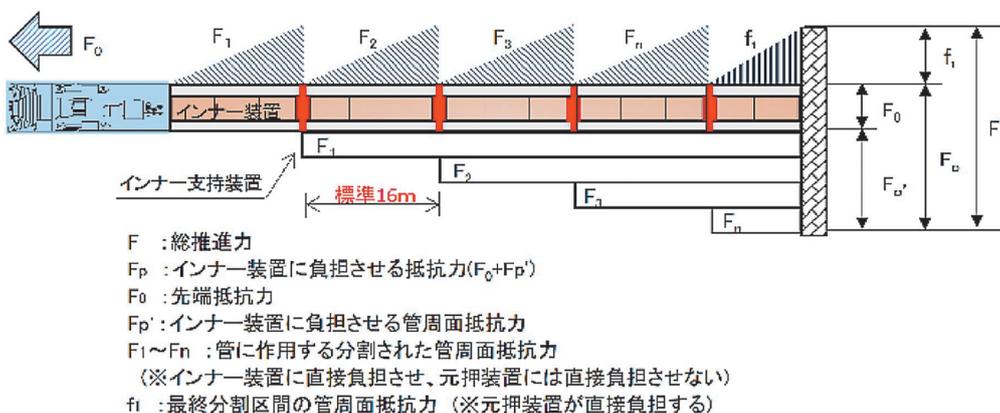


図-4 ベル工法による管周面抵抗力分割方式の概念