

解説

# 多様なトンネル断面を 函体推進・けん引工法で構築

なかむら ともや  
中村 智哉

アンダーパス技術協会事務局長  
植村技研工業株式会社副社長

## 1 はじめに

アンダーパス技術協会（以下、当協会）では、特殊トンネル施工法である「フロンテジャッキング工法」「ESA工法」「アール・アンド・シー工法」「SFT工法」をはじめとした非開削による函体推進・けん引施工技術の開発と普及活動を行っています。当協会で行っている施工工法の施工実績総数（図-1）は、これまでに国内外で1,300件を超える実績を有しています。

1960年代前半よりフロンテジャッキング工法は鋼管やヒューム管の敷設工事で採用されていましたが、1967年に国鉄信越本線小諸駅付近での軌道下地道工事で初めて矩形断面が採用されました。現在では矩形断面形状函体を標準とした大小様々な断面サイズや異形形状での施工が行われています。

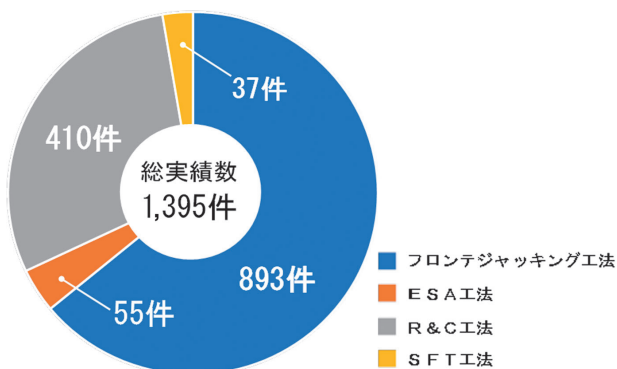


図-1 施工実績総数（海外工事実績を含む）

特殊断面形状についても函体推進・けん引工法の特長から、一方向または、双方向に函体を推進・けん引を行います。過去にESA工法を使用した長延長・曲線での施工実績がありますが、精度確保が非常に困難なため、基本的に直線施工を原則としています。

本稿では、当協会で行っている特殊トンネル施工法の施工技術、ならびにこれまで施工した多様な断面形状による施工事例を紹介します。

## 2 特殊トンネル施工法（函体推進・けん引工法）の施工技術と矩形断面実績

### 2.1 フロンテジャッキング工法

フロンテジャッキング工法（Fronte Jacking Method、以下、FJ工法）は、当協会で行っている施工法では最も歴史のある施工法であり、1967年以来現在も採用されている施工法です。PC鋼より線を使用して函体を所定位置まで掘進（けん引）する施工法です。函体けん引方式には、函体到達側の反力体（地山、構造物等）にPC鋼より線を定着して函体を地山中へ一方向に引き込む、片引きけん引方式（図-2<sup>1)</sup>）と横断部を挟んで両側に函体を築造し、函体を相互に反力として地山中へ引込む、相互けん引方式（図-3<sup>1)</sup>）があり、現地条件等により選択されます。

当初施工時は、上部構造物（主に軌道の場合）の仮設防護工として、工事桁等を併用して函体けん引を

行っていましたが、パイプルーフ水平打設推進施工法の技術導入により1973年頃からパイプルーフによる仮設防護工が徐々に標準となってきました。パイプルーフ径については、 $\phi 300 \sim 600\text{mm}$ 程度の鋼管を当時は使用していましたが、現在は一般に $\phi 800\text{mm}$ 以上の鋼管（人が鋼管内に入って作業できる最小径）を標準としています。

矩形断面での施工実績の最小断面は、地中梁（角形鋼管）のけん引工事で外幅 $1.24\text{m} \times$ 外高 $1.49\text{m}$  ( $1.85\text{m}^2$ )であり、最大断面は、高速道路下の歩車道トンネル工事で外幅 $37.6\text{m} \times$ 外高 $9.0\text{m}$  ( $338.4\text{m}^2$ )となっています。

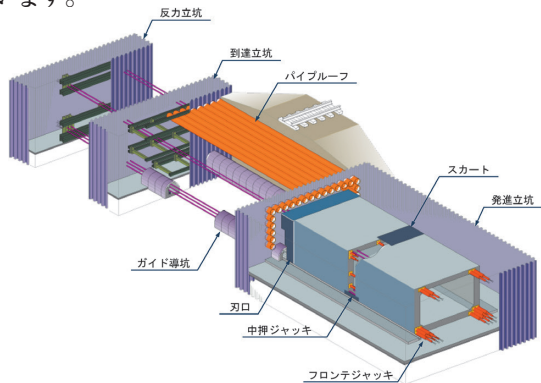


図-2 FJ工法（片引きけん引方式）概要

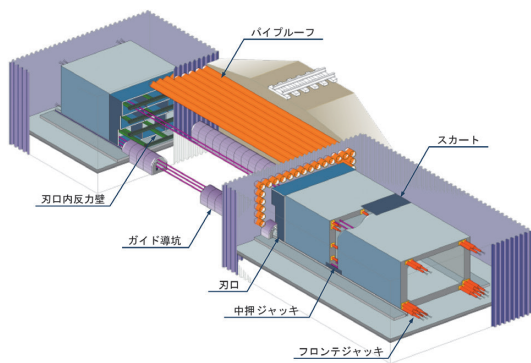


図-3 FJ工法（相互けん引方式）概要

## 2.2 ESA工法

ESA (Endless Self Advancing Method) 工法は、長い施工延長の地下トンネルを構築する施工法で、複数の函体をPC鋼より線で連結し、推進または、けん引する函体以外の函体を反力抵抗体として前進する施工法（図-4<sup>1)</sup>）です。フロンテジャッキング工法と同様にパイプルーフによる仮設防護工を標準としています。

1980年の初実績からの矩形断面での最小実績は、

国道下を横断する歩道トンネルで外幅 $3.70\text{m} \times$ 外高 $3.30\text{m}$  ( $12.2\text{m}^2$ )であり、最大断面は、韓国京釜線富谷～水源間での歩車道トンネルで外幅 $39.6\text{m} \times$ 外高 $8.95\text{m}$  ( $354.4\text{m}^2$ )となっています。なお、長延長施工を特徴とする施工法であるため最長実績を追記すると、最長実績は、有料道路トンネルを構築した工事で幅 $21.6\text{m} \times$ 外高 $7.8\text{m} \times$ 延長 $279.5\text{m}$ となっています。

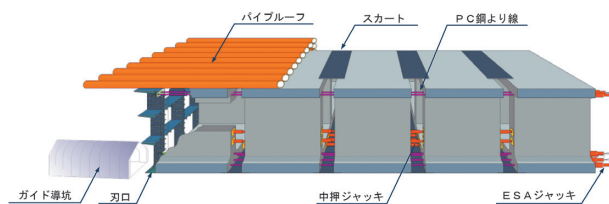


図-4 ESA工法 概要

## 2.3 アール・アンド・シー工法

アール・アンド・シー工法 (Roof and Culvert Method、以下、R&C工法) は、函体外縁に合わせて横断箇所に進捗設置した箱形ルーフの後端に函体を設置し、箱形ルーフと函体とを置換設置することで小土被りでのトンネル構造物の構築を可能とする施工法です。現地条件等により、推進方式（図-5<sup>2)</sup>）とけん引方式（図-6<sup>2)</sup>）とを選択できます。

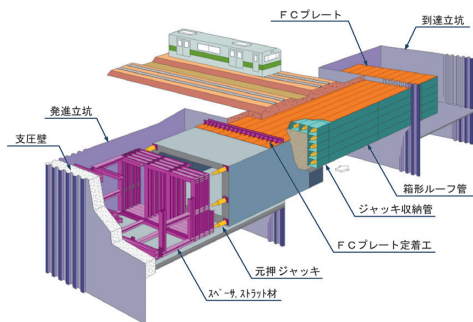


図-5 R&C工法（推進方式）概要

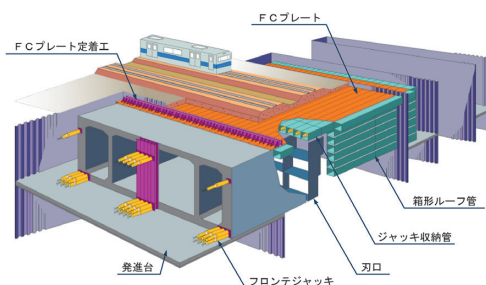


図-6 R&C工法（けん引方式）概要