

# 総論 土圧(泥土圧)式編

## 土圧式推進工法入門



にしだ ひろはる  
西田 広治

(公社)日本推進技術協会  
技術委員会講座部会長

### 1 はじめに

大口径管推進工法-密閉型3工法の特集、今月は土圧式推進工法です。土圧式は、(公社)土木学会のトンネル標準示方書で、カッタチャンバ内への添加材の注入の有無によって土圧シールドと泥土圧シールドに分類されていることから、推進工法でも土圧式推進工法と泥土圧式推進工法に細分類しています。土圧式(土圧式+泥土圧式)の施工延長は、大口径管推進工法による下水道管路敷設において、1割程度<sup>1)</sup>と低いシェアで推移していますが、呼び径3500以上の超大口径管推進工法を見ると、現在までに完了しているすべての工事が泥土圧式によって施工されています。また、シールド工法では泥土圧シールドによる施工件数が7割以上<sup>2)</sup>を占めています。このように、現在では土圧式のほとんどが泥土圧式により設計・施工されており、その基本概念である“泥土化による切羽安定”は、さまざまな小口径管推進工法にも取り入れられています。

本稿では「泥土化=土の塑性流動性」の概念の誕生から記していきたいと書きます。

### 2 土圧式(泥土圧式)推進工法誕生の背景

密閉型3工法の中では泥水式の開発が早く、1965年に泥水式推進工法が初めて施工され、シールド工事や推進工事で施工実績を着実に増やしてきました。このような中で、泥水式に対抗する工法として、泥水処理のための大がかりな地上設備を必要としないことを特長に、シールドメカやゼネコン各社が土圧式の開発に取り組みされました。この開発の過程では、土圧シールドと泥土圧(泥土加圧)シールドの二つの流れがありました。以下にそれぞれの開発背景を筆者なりに整理して記します。

#### 2.1 土圧シールド

土圧シールドは、シールドメカが主体となって開発されました。概念的にはブラインドシールドに機械シールドの要素(カッタヘッド+スクリュコンベヤ)を組み合わせたメカニカルシールド(土圧バランスシールド)で、1974年に実現場(東京都下水道局:水元幹線)に採用されました。

ブラインドシールドは、JIS A8201-1993に「切羽面を密閉し、その一部に調整可能な土砂取出し口又は取出し装置を備えているもので、シールド掘

進機を地山に貫入させ、フード内の土砂に塑性流動を起こさせながら排土するもの」と記載されているように、軟弱粘性土地盤に用いられていたもので、隔壁に5%程度の開口を開けておくと、シールドジャッキで推すだけで開口部から土が押し出され、圧気や薬液注入等の補助工法を必要としないで安全な掘進ができました。1965年頃から用いられていましたが、地盤の変化(粘性土分の増減)に応じて開口を調整する必要があり、また砂分が増えてくると閉塞し排土できないという問題がありました。このような地盤の変化に、カッタヘッドによる掘削・混練とスクリュコンベヤの回転数調整による実質開口率の拡大(縮小)で対応したのが土圧バランスシールドです。土圧バランスシールドは、基本的に掘削土砂のみで切羽の土圧・水圧とバランスを取ろうとするもので、砂分が卓越している地盤では砂分の圧密脱水によるチャンバ内での固結や閉塞等の問題がありました。これらを防ぐためにチャンバにステンレス鋼材を用いたり、チャンバ内にエアーを送ったり、といった様々な方法で土砂の付着や固結を防止する方法がとられました。根本的な解決にはいたらなかったようです。

## 2.2 泥土圧(泥土加圧)シールド

泥土圧シールドの大本である泥土加圧シールドは、施工側であるゼネコン(大豊建設株)が1974年に特許出願し開発を進められたもので、粘性土分の少ない地盤でも添加材を注入しスポーク型のカタで攪拌・混練することでチャンバ内の掘削土砂に流動性を持たせ切羽の土圧・水圧に対抗させる工法です(図-1)。泥土加圧シールドは、1976年に東京、葛飾区青戸の下水道工事に採用され(シールド工事:仕上り内径1,650mm×トンネル延長160m)、また、同工事で呼び径1350×延長51.6mの推進工事も施工されています。

その後、土圧バランス式の発展形として、カタチャンバ内に添加材を注入しリボンスクリュ(後述)で礫(玉石)を排出できる泥漿(でいしょう)シールド(図-2)、カタチャンバ内に注入した添加材と掘削土砂をカタチャンバ内で前後に摺動するカタヘッドによって攪拌・混練する削土密封式といった様々な掘進機が開発されましたが、現在は泥土加圧シールドの考え方が泥土圧シールド(泥土圧式推進工法)の標準になっています。

## 2.3 土圧式による切羽の安定

土圧式推進工法は、①掘進機のカタチャンバ内およびスクリュコンベヤ内を泥土で満たし、②元押ジャッキの推進力により泥土圧を発生させ、③スクリュコンベヤで排土量を制御することによって泥土圧を切羽の土圧および地下水圧に見合う適正な圧力(掘進管理土圧)に保持することにより切羽の安定を図ります(図-3)。

添加材は、一般的に、掘削対象地盤のシルト・粘土分の含有率が30%未満の場合に注入し、掘削土砂と攪拌・混練することで塑性流動化(泥土化)を促進させます。

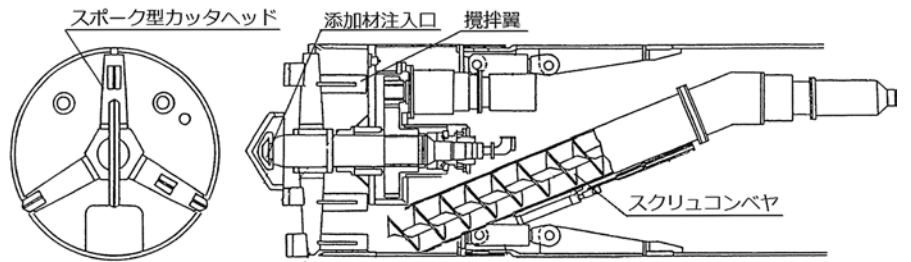


図-1 泥土加圧シールド

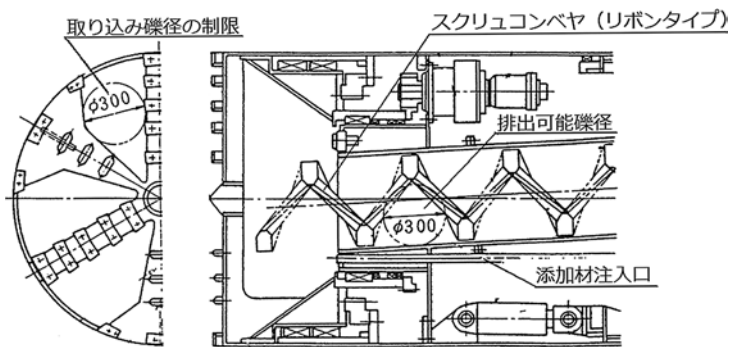


図-2 泥漿シールド

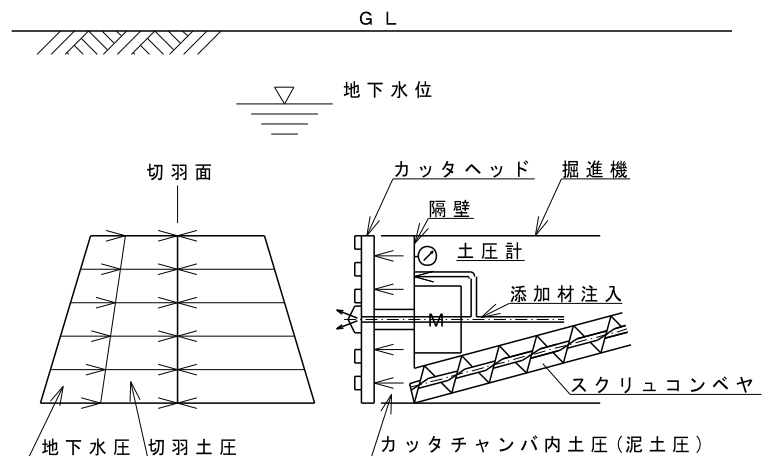


図-3 土圧式の切羽安定方法

## 3 土圧式推進工法の基本原則

図-4は土圧式推進工法の説明図で、土圧式固有の設備を主に示しています。以下にその概要を記します。

### 3.1 掘進機

泥水式は泥水圧に加えカタヘッド(面板)で切羽を抑えるという概念が

ありましたが、土圧式ではカタチャンバ内の泥土によって切羽の土圧・水圧に対抗することから、カタヘッドの形状は比較的自由に設定できます。一般的に、カタヘッドはスポーク型が多く用いられています(図-1)。

### 【大径礫への対応】

掘進機から排出できる礫の大きさは、搭載できるスクリュコンベヤの大きさに