

解説

推進技術・最前線

注入材(添加材)に求める課題

もちづき たかし
望月 崇

(公社)日本推進技術協会
技術部長
(本誌編集委員)



1 はじめに

推進工法が日本で初めて施工されたのは、1948年(昭和23年)、兵庫県尼崎市内の阪神国道(旧国道2号線)の旧国鉄の尼崎港線が横断する箇所で行われた。この施工は、ガス管のさや管として内径600mmの鋳鉄管を6m推進した。

施工当初から昭和40年代までは、開放型(刃口式推進工法)が主流であったが、1964年(昭和39年)推進工法用管の先端に泥水式の掘進機を設置した方式は施工された。その後1976年(昭和51年)に泥土圧式推進工法が開発実用化され、1981年(昭和56年)には、高濃度泥水を使用する、泥濃式推進工法が施工された。

大中口径管推進工法の施工法式は、密閉型が主流となった。密閉式推進工法の重要な点は切羽の安定をどのように確保するかであり、添加材が重要な位置を占めていると考えられる。よって、今回、密閉型推進工法の掘進時の切羽の安定の際に、特に重要となる注入材に求める課題についてである。

注入材には、添加材、滑材、裏込め注入があるが、今回は、添加材、泥水、

高濃度泥水に眼を当てて記載することにする。

2 密閉型式推進工法の切羽安定

泥水式推進工法は、切羽の土圧および水圧に対し、掘進機のカッタチャンバ内に満たされた泥水の圧力で対抗させて切羽の安定を図る。

土圧式推進工法は、掘進機のカッ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、元押ジャッキの推進力により泥土圧を発生させ、この泥土圧を、切羽の土圧および地下水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図る。掘削土砂をかくはん(攪拌)することにより、そのまま流動化させる場合と、水や添加材を加え、かくはん(攪拌)混練りし塑性流動化する場合がある。掘進速度に応じて排土量をスクリュコンベヤの回転速度等で制御することにより、泥土圧を適正な圧力(掘進管理土圧)に調整する。

泥濃式推進工法は、カッタチャンバ内に圧送した高濃度泥水と掘削土砂をかくはん(攪拌)混合した流動性の泥土をカッタチャンバ内に満たし、元押ジャッキの推進力により泥土圧を発生さ

せ、この泥土圧を切羽の土圧および地下水圧に見合う圧力に保持することにより切羽の安定を図る。カッタチャンバ内の泥土を排泥バルブの開閉により間欠的に排出するため、カッタチャンバ内の圧力が変動するが、一般にカッタチャンバ内の泥土の保持圧力の管理範囲は、次のように設定している。

【下限保持圧力】

地下水圧+20kN/m²

【上限保持圧力】

地下水圧+50~60kN/m²

3 添加材と高濃度泥水の比較

泥水式推進工法は密閉型では唯一、掘削と排土が循環回路としてシステム化されており、チャンバ内土圧を含め集中管理(中央監視設備)を導入されており、泥水はビンガム流体の状態(ニュートン流体ではない)であるため今回は比較からは外す。

泥土には添加材あるいは高濃度泥水と掘削土砂をかくはん(攪拌)混合し、塑性流動化、難透水性と圧力保持機能を持つことが必要となる。

土圧式推進工法、泥濃式推進工法の掘進機および添加材の性状について比

較する（表－1）。

塑性流動化された泥土の止水性能について、「土圧式シールド工法 その理論と応用」に以下のような記述がある。

泥土それ自体の不透水性についてベントナイト系を代表として考えられている。ベントナイトが膨潤する前の微小なベントナイト粒子を考えている。土粒子の間に微小なベントナイト粒子が充填されることで粒度分布が改善され、透水係数は改善する。しかし、実験や実施工において採取した添加剤が混入した排土泥土を乾燥させ粒径加積曲線を求め、Hazenの式で透水係数を試算した。この結果は、地山の透水係数の半分程度に改善されたにすぎず、泥土の止水性能の面からみるとやや向上した程度であり、不透水性を説明できるものではない。

チャンバ内の泥土はジャッキ推力により加圧されることにより「静止土圧＋水圧」の状態に維持され、塑性流動化された泥土の止水性能と加圧により発揮されるものであると記載されている。2)

このことを、泥濃式推進工法で考えると、高濃度泥水と言われているが、比重の値が、泥土圧式に比べ小さく、また、排土装置、排土状態を考えても、止水性能は劣るものと考えられる。

よって、以上のことを考えると排泥バルブを解放させ排土することは、土圧式推進工法での噴発状態で掘進していると考えられる。

また、泥濃式推進工法の開発した当時は、礫をそのまま機内に取り込むために、礫径以上の径の排泥管および排泥バルブを考え、機内に礫を取り出すため、排泥バルブを開放させた。そして、止水性能を確保するために、泥土圧式推進工法より濃い添加剤を考え、高濃度泥水としたものと想定される。しかし、泥土圧式よりカッタトルクが小さく、立坑上への掘削土の搬送は、吸引を考え

表－1 排土関係の比較表

項目		工法	泥土圧式推進工法	泥濃式推進工法
排土方法			・スクリュコンベヤ ・ゲートの開閉度の調整により連続的に行う ・止水性がある	・排土管、排泥バルブ ・排泥バルブの開閉で間欠的に排土 ・開いた状態では止水性はない
掘進機	カッタ形状		・スポークタイプが基本	・スポークタイプが基本
	トルク係数		・ $\alpha = 20 \sim 25$ 程度	・ $\alpha = 7 \sim 22$ 程度
比重			・1.19～1.33（添加材） （工法体系Ⅰ第2編第4章 濃度10～15%）	・1.07～1.25（高濃度泥水） （工法体系Ⅰ第2編第5章 土質区分A～B4）
備考				

ているため、土圧式推進工法の掘削土の性状より効率よく搬送できる状態が必要となる。よって、現状のような、高濃度泥水となったものと想定される。

つまり、開発当時のことを、再度考えなおす必要はあるものとする。切羽の安定については泥水圧式推進工法と泥土圧式推進工法の間間的に考えられているが、泥水としての品質、機能によって砂礫地盤等での切羽の安定が図れるような高濃度泥水の配合を考え、その配合に合わせた、仮設備を考える必要があると考える。

4 おわりに

2012年（平成24年）10月27日に高知市朝倉横町の下水道工事（工事名：南部1号汚水幹線管渠築造工事（24-1））において発生した事故に対して、事故再発防止検討委員会報告書で再発防止について以下のように記載されている。

「高知市下水道工事事故再発防止検討委員会」報告書より抜粋³⁾

対策②：管内作業員が噴発の影響を回避できる後方での安全対策

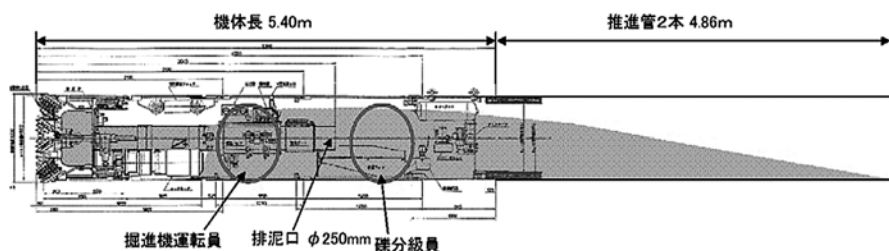
○吸引排土できないような大きな礫がある地盤では、管内に礫分級員を配置する必要がある。この場合は、礫分級機などを用いて礫分級作業を機械的に行い、管内作業員は噴発の影響を回避できる後方に控えて安全を確保する。

礫分級機に溜まった礫を搬出するときは、事前に排泥バルブとチャンバゲートを遠隔操作で閉鎖し、TVモニターで排泥管が完全に閉鎖されたことを確認した後に、管内作業員が礫分級位置に移動して礫搬出作業を行う。

対策④：管内作業員が迅速に退避できる管径の確保

（解説）

○噴発発生時に、管内作業員が迅速に退避できる管径が確保できている推進工事では、事故発生の背景因子は



図－1 聞き取りによる事故発生直後の管内土砂流入状況
（高知市下水道工事事故再発防止検討委員会 報告書）