

解説 きほんのき

掘進管理の基本「土圧式推進工法泥土圧方式」

おくだ かすお
奥田 和男

大豊建設(株)
土木本部土木技術部主任部員



さとう たかひろ
佐藤 隆大

大豊建設(株)
東京支店船橋推進作業所所長



1 はじめに

密閉型推進工法のうち土圧式推進工法には泥土圧方式と土圧方式があるが、ここでは、土圧式推進工法の「きほんのき」である泥土圧方式の切羽理論について、工法原理および適用土質から簡単に整理しておく。なお、以下では、泥土圧方式は当社が開発した泥土加压推進工法をベースにして解説する。

1.1 工法(切羽安定)原理

泥土加压推進工法は、「砂や砂礫が加压充満された掘削土砂の中でも、掘

削土砂を泥土に変換することでカッタを回転させることに成功し、その理論と技術を確認した工法」である。

工法原理は、「推進機のカッタにより切削された土砂に作泥土材(添加材)を注入して練混ぜ翼(攪拌翼)で強力に練混ぜ、不透水性と塑性流動性を持つ泥土に変換し、これを作泥土室(カッタチャンバ)内とスクリュコンベヤ内に充満させる。この泥土を元押ジャッキまたは中押ジャッキの推進力により加压し泥土圧を発生させることで、切羽に作

用する土圧と地下水圧に対抗し、推進機の掘進量と排土量のバランスを図りながら掘進する工法」である。

工法原理から切羽を安定させるためには、以下の3つの項目が重要となる。

- ① 掘削土砂の流動性と止水性の確保(掘削土砂を泥土に変換)→作泥土材(添加材)管理
- ② カッタチャンバ(作泥土室)内の圧力と切羽土水圧の均衡→切羽圧力管理
- ③ 掘進量に見合った掘削土砂の排出→排土量管理

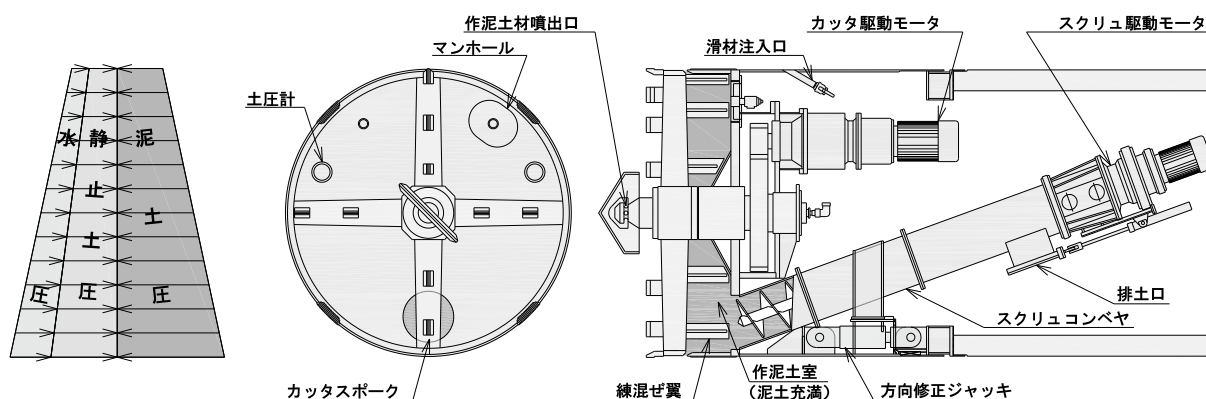


図-1 泥土加压推進工法原理図¹⁾

1.2 適用土質

適用土質について、泥土加圧推進工法では、次のように定義する。

(1) 普通土 (A)

礫径 20mm 未満とする。

(2) 砂礫土 (B)

礫径 20mm 以上とする。ただし、最大礫径は、掘進機外径の 20% 未満かつ 500mm 以下とする。ただし、礫率が 80% を超える場合は、別途検討を要する。

(3) 硬質土

粘性土 $N > 10$ 、一軸圧縮強度 $P < 5\text{MN/m}^2$

2 作泥土材 (添加材) 管理

作泥土材の働きは、広範囲の土質に対して、掘削土砂を等しく塑性流動性を持つ泥土に変換させることである。これにより、推進機のカッタは、安定したトルクで回転して、地山を掘削できる。掘削土砂の塑性流動性が高められれば同時に止水性も高められ、地下水の浸入を防止するとともに、作泥土室 (カッタチャンバ) 内で掘削土砂の再固結や付着を防止できる。

軟弱粘性土の場合は、元来、透水性が低く鋭敏比が高いため、攪拌・混練により泥状となって高流動性を持つようになるため、作泥土材を注入しなくとも泥土となる。また、一般的な粘土の場合は、加水や少量の作泥土材を注入して攪拌・混練を行うことで泥土となる。

一方、砂質土の場合は、粘土・シルト分が少なく透水性も高い。したがって、そのまま攪拌・混練しても泥土とはならないため、作泥土材を注入して細粒分の補充と保水効果を確保する必要がある。

2.1 作泥土材 (添加材) 計画

作泥土材は、地山条件や排土方法 (ズリトロ、土砂圧送、吸引) 等から総合的に判断して最適な作泥土材を選定する必要がある。

必要がある。

泥土加圧推進工法では、作泥土材としてベントナイト・粘土を使用することを基本としているため、その使用量、濃度の算定方法について以下に示す。

(1) 泥土化境界線¹⁾

過去の多くの施工実績によれば、作泥土材を必要とする土質と必要としない土質は、図-2 に示す範囲に分けられる。すなわち、0.075mm 以下の粒径が 30%、0.25mm 以下の粒径が 40%、2.0mm 以下の粒径が 60% の通過率となる粒径加積曲線が作泥土材の必要・不要の境界線である。この境界線より上方では基本的には作泥土材を必要とせず攪拌翼で練混ぜることにより泥土に変換でき、下方は添加材が必要な領域となる。

(2) 作泥土材の濃度・使用量算定式¹⁾

作泥土材の濃度・使用量は、土質の粒土分布から粒径加積曲線を描き、泥土化境界線と対比し、0.075mm、0.25mm、2.0mm に対応する粒径の不足分を作泥土材の微細粒子分で補うように決定する。濃度の算定式は、以下の通りである。

$$\text{濃度 (D)} = a(30 - P_{0.075})\alpha + (40 - P_{0.25})\beta + (60 - P_{2.0})\gamma$$

D : 濃度 (%)

a : 均等係数による係数

均等係数

$$U \geq 4 \quad a = 1.0$$

$$4 > U \geq 3 \quad a = 1.1$$

$$3 > U > 1 \quad a = 1.2$$

$P_{0.075}$: 0.075mm 通過質量百分率
30% 以上は 30

$P_{0.25}$: 0.25mm //
40% 以上は 40

$P_{2.0}$: 2.0mm //
60% 以上は 60

α : 2.0 とする

β : 0.5 //

γ : 0.2 //

添加材の濃度とその使用量の算定方法は、表-1 の通りである。

掘削土砂の内部摩擦角を低下させて掘削土を泥土に変換することが、作泥土材の主な働きであるが、粘性が高い場合には粘性を低下させることが必要となる。濃度 0% で含水比が液性限界よりも低い場合 (表-1) では流動性

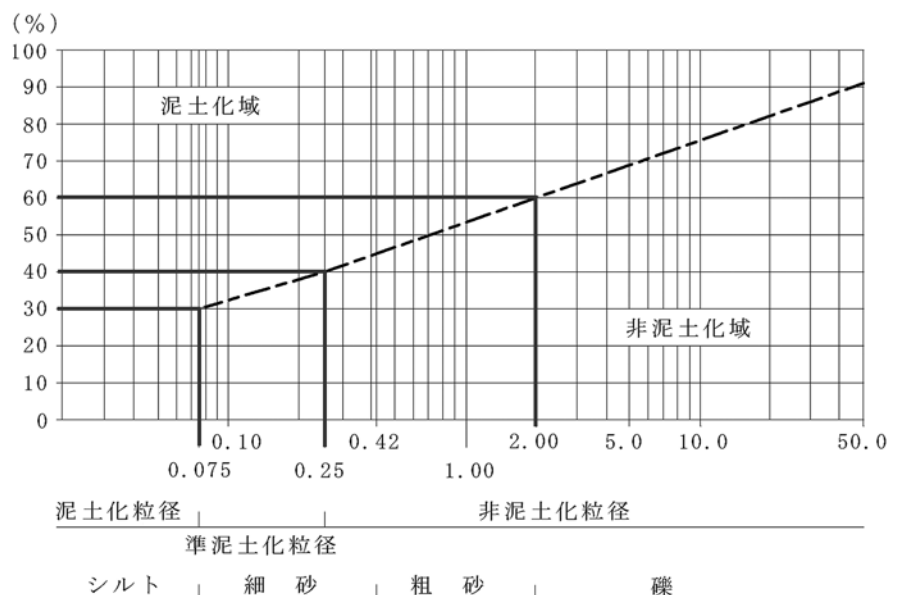


図-2 泥土化境界線