

解説

泥水式編

泥水式推進における 作泥材選択と泥水管理

わたべ たかし
渡部 孝
テクニカ合同(株)



1 はじめに

近年における推進工法は、泥水式、土圧（泥土圧）式、泥濃式と数々の技術開発によって急曲線、長距離、大深度（大土被り）など難易度の高い施工が可能になりました。

特に泥水式推進工法は、小口径管推進から大口径管推進まで、一番多く施工をされている工法です。推進と言えば、全ての工法に使用するのが滑材、裏込め材ですが、掘削添加材（作泥材）においては、各工法により使用材料と配合が様々です。今回の特集では、泥水式推進工事における泥水材の作泥材料、泥水管理について考察いたしました。

2 泥水式推進の概要と泥水の必要性

泥水式推進は、掘進機の切羽を泥水により加圧して切羽の各部の間隙水圧および土圧に対応した泥水圧と泥水の作用により、切羽の安定を確保しながら掘削します。掘削をした土は、泥水とともに流体輸送によりスムーズに坑外に排出する工法です。

工法の特長は、掘削室（チャンバ）と泥水処理プラントを送泥管と排泥管

で接続し、この管路を通じて泥水ポンプで循環させ、切羽の間隙水圧 $\pm 0.1 \sim 0.2 \text{ kg/m}^2$ に加圧した適正な濃度（比重 $1.05 \sim 1.3$ ）の泥水によって切羽の崩壊と湧水を防ぎ、切羽を安定させながら掘進機カッタで掘削し泥水に混合された掘削土砂を排泥管路によって坑外に搬出します。

坑外においては、排泥水の処理と、送泥水の調整を行います。切羽への加圧泥水の送泥→掘削→掘削土砂の流体輸送→泥水と掘削土の分離処理→適正な泥水の調整または作泥を行い、切羽へ加圧泥水の送泥と泥水の循環が行われ、送泥水の比重が $1.05 \sim 1.3$ に対して排泥水の比重は $1.1 \sim 1.4$ であり、その差の $0.05 \sim 0.1$ が掘削土となり、泥水の循環系から排出されます。

- ① 上記で述べた掘進機の切羽の安定と掘削をした土を泥水とともにスムーズに流体輸送をして坑外に搬出をしなければならない。
- ② 切羽の安定をさせるためには泥水に圧力を掛けるので圧力をかけた時に泥水が地山に逃げてはいけない。掘進機で地山を掘削したときに地山が掘削した以上に崩壊してはならない。
- ③ 掘削した地山の土を泥水とともに流

体輸送をするので流体輸送をしているときに掘削をした土と分離してはいけない。

- ④ 掘削した土を流体輸送するのに泥水の比重が重すぎでは流体輸送をするポンプに不可がかり、また、流体の速度が遅くなれば、推進の掘進スピードも遅くなる。

3 泥水の性能

3.1 泥水の性能

▶ 泥水式推進における泥水に求められる性能

- (ア) 切羽の自立に寄与する
- (イ) 掘削土砂の流体輸送をスムーズに排出する
- (ウ) 泥水の逸泥を防止
- (オ) 排泥水の分離を起さない

上記の4点にあり、特に切羽に対する泥水加圧効果により、切羽の自立を確保することが基本となります。切羽面に形成されるマッドケーキ（泥壁）が掘削面に形成され、泥壁を介して泥水圧が地下水圧や土圧に対して有効に作用します。泥水圧は常に過圧力により切羽面内部に浸透層を形成します。

この浸透層の粘着力増加と浸透層を

介しての泥水加圧が、切羽自立に有効な作用をしているものと考えられます。

泥水は、清水とベントナイトまたは現場発生土を混合して作泥することもあります。適正な比重、粘性を得るために、CMC（増粘剤）などの添加材が用いられます。

3.2 泥水の性質

(1) 適当な比重があること

切羽面の安定を保つ上で、必要最低限の比重であることが望ましい。一般的に1.05～1.20程度の泥水比重が多く用いられています。比重が高くなると切羽の安定が高くなりますが、反面流体輸送ポンプの負荷の増大、排泥管の閉塞泥水処理の困難などの問題が生じます。

(2) 適当な粘性を持っていること

粘性が大きいと、掘進機の掘削室内の掘削土砂の沈殿や排泥管内での掘削土との分離、沈殿に役立ち、また泥水が地盤の中に浸透するのを防止できますが、流体輸送ポンプの抵抗が増大し泥水の一次処理で砂との分離が困難となります。切羽の安定に必要な粘性は、一般的にファンネル粘度計で計測し、シルト層25～30秒、砂層30～40秒、砂礫層35～50秒とされています（表－1）。

(3) 化学的に安定であること

泥水を繰り返して使用すると、地下水、地盤の陽イオンなどにより泥水の性質が劣化して、懸濁状態から凝集へ変化し、切羽でのマッドケーキの形成が困難となるため、泥水には科学的な安定性が必要となります。

4 基本的な泥水材料（配合）

4.1 泥水材料（基本配合）

表－2の粉末粘土・ベントナイト・増粘剤の3種類の品物でも粘土の産地、ベントナイトの産地とメッシュ（粒度）の違い増粘剤（CMCまたはポリマ）等

表－1 一般的に切羽への安定に必要なファンネル粘性

切羽の土質	ファンネル粘性（秒） 500cc/500cc	
	地下水の影響小（秒）	地下水の影響大（秒）
砂混りシルト層	25～30	28～35
砂質粘土層	25～30	28～37
砂質シルト層	27～34	30～40
砂層	30～38	33～40
砂礫層	35～44	50～65

表－2 泥水の作泥材料は、基本的な材料と配合（m³）

商品名	配合	比重	ファンネル粘性（秒）
粉末粘土	300kg	1.18～1.21	25～35
ベントナイト	50kg		
増粘剤（CMC）	0.5kg～1.0kg		
水	860ℓ		

表－3 粉末粘土の産地

商品名	産地	真比重
笠岡粘土	岡山	2.65～2.75
トチクレー	栃木	2.65～2.70
粘土H	群馬	2.58～2.60
筑前粘土	福岡	2.59
クレイサンド	岐阜	2.60～2.70
シルトF	福島	2.60

表－4 ベントナイトの産地

商品名	産地	メッシュ（粒度）
クニゲルV1 クニゲルV2	山形	250
ベントナイト 白馬 ベントナイト 赤城	群馬	250
スーパークレー	アメリカ（ワイオミング）	250
プレミアムゲル	アメリカ（ワイオミング）	250
ベントナイト 津軽2号	青森	250
ベントナイト 阿蘇	福岡	250

表－5 増粘剤（CMC・ポリマ）

商品名	メーカー	外観
テルポリマー 30	テルナイト	粉末
テルセローズTE＝V	テルナイト	粉末
TG CELL	テクニカ合同	粉末
TG エーテル	テクニカ合同	粉末
TG ジェル	テクニカ合同	液体
エルビス	テルナイト	液体
ミクロゲルCA	立花マテリアル	液体

の使用する材料の違いによっても比重、粘性の差が出ます（表－3～5）。

近年では、一液性の作泥材も中小口径管推進工事で多く使用されるようにな