

## 砂礫層における泥水式シールドの泥水配合及び浸透実験結果について

戸田建設(株)

正会員 小林 修<sup>1)</sup>、小笠原 英恭<sup>2)</sup>

## 1. はじめに

泥水式シールドにおいて砂礫層地盤の掘進で使用する泥水の方法・配合および管理項目に関しては数多くの提案がなされているが、基本配合の一部として使用するベントナイトや調泥剤についても種類や添加量が文献毎に異なっており、どのような材料・配合を選定すればよいかの判断が非常に難しい。

今回、透水係数が  $3.5 \times 10^{-2} \text{cm/sec}$ 、地山のシルト・粘土分含有率が6%の砂礫層掘進工事において適用する泥水に関し、泥水配合実験で降伏値・ろ水量等を測定し管理目標値を満足する泥水を数種類選定した。また、その値からだけでは判断できない泥水の浸透状況を泥水浸透実験で確認して本工事において使用する泥水を選定した。

## 2. 泥水配合実験

表 - 1 泥水材料および使用量

粘土	ベントナイト	調泥剤
トクレー (180kg/m <sup>3</sup> )	浅間産 300(50kg/m <sup>3</sup> ) 山形産 300(40kg/m <sup>3</sup> ) ワイミング産 250(30kg/m <sup>3</sup> )	CMC ホリアクリル酸系(TRV) ホリアクリルアミド系(TAV) ホリアクリルアミド系(AK-HV)

ベントナイトの量は管理目標値を満足した値である。

## 2.1 試験方法

泥水の配合は過去の実績等から判断し、粘土、ベントナイト、調泥剤を基本に選定した(表-1)。測定項目は逸れおよび浸透による地盤改良効果の指標と言われる降伏値(イールドバリュ)、凝集の程度が把握できるろ水量(API規格による)とし、それ以外に比重およびファンネル粘度も測定した。管理目標値および参考値は、過去の実績や文献等を参考にして表-2のとおり定めた。試験ケースは粘土、ベントナイトは種類毎に一定量とし、調泥剤は量を変化させ3ケースの全36ケース実施した。なお、粘土は泥水の性状を大きく左右するものではないため1種類とし、また、掘削対象地山のシルト・粘土分の含有率を6%、

粘土等の追加をしないと仮定した場合、調整槽に含まれるシルト・粘土分の量は最終的には180kg/m<sup>3</sup>程度になると考えられるためその量で固定した。

## 2.2 試験結果

## (1)ベントナイトの選定

降伏値およびろ水量が管理目標値を満足する

添加量は表-1に示すようにワイミング産が最も少なく山形産、浅間産の順序となり、ワイミング産を基本に選定した。

## (2)調泥剤の特徴および選定

調泥剤の種類・添加量と降伏値およびろ水量の関係を図-1、図-2に示す。またそれ

表 - 2 管理目標値および参考値

項目	管理目標値		参考値	
	降伏値 (dyn/cm <sup>2</sup> )	ろ水量 (cc/30min, 0.3MPa)	比重	ファンネル粘度 (sec)
数値	50以上	20以下	1.13~1.20	30以上

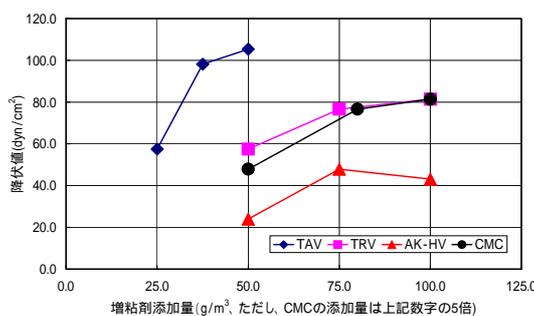


図 - 1 ワイミング産ベントナイト(30kg/m<sup>3</sup>)に増粘剤を添加したときの添加量と降伏値の関係

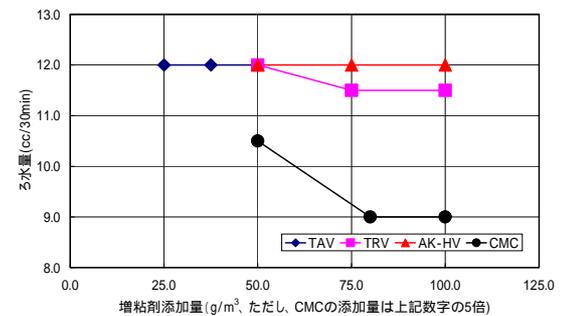


図 - 2 ワイミング産ベントナイト(30kg/m<sup>3</sup>)に増粘剤を添加したときの添加量とろ水量の関係

表 - 3 調泥剤の特徴

調泥剤	特徴
CMC	凝集はないが、他の調泥剤に比べ5倍の使用量となる。ろ水量は他の調泥剤に比べ最も少なく泥膜は約1mm。
TRV	いずれの調泥剤もある添加量を超えると凝集が見られる。
TAV	管理目標値を満足する添加量はTAVが最も少ない。TRVはTAVの2倍の添加量で管理目標値を満足する。
AK-HV	さらにAK-HVはTRVと同量の添加をしても管理目標値を下回る。

**キーワード:** 泥水式シールド、砂礫層、浸透実験

**連絡先:** 1) 東京都中央区京橋 1-7-1

戸田建設(株) 本社土木工事技術部

TEL 03-3535-6310 FAX 03-3535-1524

2) 神奈川県横浜市中区本町 4-43

戸田建設(株) 横浜支店土木部

TEL 045-228-6061 FAX 045-228-6062

ぞれの特徴を表 - 3 に示す。これらの結果から、調泥剤としては CMC と TAV の 2 種類を選定した。

### 3. 泥水浸透実験

#### 3.1 試験方法

内径 150mm、長さ 500mm のアクリルの筒に平均粒径約 1mm のガラスビーズと水を入れ泥水浸透実験を行った。泥水圧はアクリルの筒上部で 2MPa に設定した。試験に先立ち、ガラスビーズの間隙率と透水係数を測定し、間隙率 42.9%、透水係数  $4.1 \times 10^{-1} \text{cm/sec}$  の結果を得た。泥水は、配合実験の結果をもとに、その中から管理値を満足し、凝集が見られず、かつ経済性も考慮し表 - 2 に示す 5 種類を選定した。

#### 3.2 試験結果

泥水浸透実験結果を表 - 2 に示す。浸透距離に関してはどの程度が適当であるかの判断は難しいが、本実験の結果で浸透域の様子から判断すると 30cm 程度が目安になると考えられる。

##### (1) ワイミング産ベントナイトと CMC を使用した泥水

泥水配合実験の結果では、降伏値は高く、ろ水量は最も低かったが、浸透距離は他の泥水に比べ長くなり、 $400 \text{g/m}^3$  添加した泥水は 34cm で浸透が止まったが、 $500 \text{g/m}^3$  添加した泥水では浸透が止まらない（45cm 以上）結果となった。また、浸透域のガラスビーズの自立性はなく、水に希釈され、泥水による改良効果は見られなかった。

##### (2) ワイミング産ベントナイトと TAV を使用した泥水

TAV は添加量を多くすると浸透距離が短くなり、 $37.5 \text{g/m}^3$  添加した泥水は、浸透域のガラスビーズが自立して崩壊せず、泥水による改良効果が見られた（写真 - 1、写真 - 2 参照）。

##### (3) 浅間産ベントナイトと AK-HV を使用した泥水

配合実験ではあまり良好な結果とならなかった AK-HV が浸透実験では TAV よりもさらに浸透距離が短く、浸透域も自立していた。

### 4. まとめ

(1) 降伏値・ろ水量の値から判断すると CMC を使用した泥水が良好であると判断したが、浸透実験の結果では、今回のような透水係数が高い模擬地盤では、浸透距離が長くなり水に希釈される現象が見られ有効な泥水圧が確保できないと考えられる。

(2) 浅間産のベントナイトと AK-HV の組合せが浸透実験では最も浸透距離が短くなり、砂礫層において有効であると考えられるが、使用量の変化で性状が大きく変わるため施工において厳密な管理が必要となる。

以上の実験結果から総合的に判断し、粘土  $180 \text{kg/m}^3$ ・ワイミング産ベントナイト  $30 \text{kg/m}^3$ ・TAV  $25 \text{g/m}^3$  の組合せ（泥水比重 1.125）の泥水が最適であると判断した。また、調泥剤の添加量は微量であるため、例えば省面積システムのリアルタイム切羽安定管理システムを使用した添加が非常に有効であると考えられる。

今回選定した泥水を実工事に適用したが、砂礫層区間を問題なく泥水式シールドで掘進することが出来たこともあわせて報告する。



写真 - 1 (ワイミング産ベントナイト 30kg、TAV37.5g) 配合の泥水浸透状況



写真 - 2 (ワイミング産ベントナイト 30kg、TAV37.5g) 配合の泥水浸透状況

表 - 2 泥水浸透実験結果

No.	実験配合 (1 m <sup>3</sup> 当たり)						Y V ファン粘粘性 比重			ろ水量 30min (cc)	浸透距離と経過時間
	粘土	ベントナイト		増粘材		水	Y V	ファン粘粘性 (sec)	比重		
	(kg)	種類	(kg)	種類	(g)	(kg)				(dyn/cm <sup>2</sup> )	
1	180	ワイミング	30	TAV	25.0	916	67.0	29.8	1.125	12.0	34cmで浸透止まる、経過時間4'50"
2	180	ワイミング	30	TAV	37.5	916	95.8	39.5	1.125	12.0	22cmで浸透止まる、経過時間5'10"
3	180	ワイミング	30	CMC	400.0	916	105.3	57.0	1.130	7.0	32cmで浸透止まる、経過時間5'50"
4	180	ワイミング	30	CMC	500.0	916	124.5	63.0	1.125	9.0	45cmでも浸透止まらず。
5	180	浅間	50	AK-HV	75.0	908	62.2	30.8	1.140	15.0	13cmで浸透止まる、経過時間2'40"