

水溶性高分子系添加材の開発

大成建設 正会員 大久保英也
立花マテリアル 正会員 ○長岡 廉浩

1. はじめに

泥土圧式シールド工法は、カッターヘッドにより掘削した土砂を切羽と隔壁間に充満させ、必要により添加材を注入して、その土圧により切羽の安定を図りながら掘進し、スクリーコンベアで排土する工法である。切羽の安定に必要な土圧を保持し、シールド機の掘進量に併せて適切な土量の排出を行なうためには、チャンバー内に充満した泥土が適正な流動性を有することと、地下水に対する止水性を持つ必要がある。このためにチャンバー内の掘削土に作泥土材もしくは加泥材と呼ばれる掘進用添加材を注入し、シールド機の攪拌翼にて混練を行い泥土とする。

今回の開発の目的は、注入量を出来るだけ抑えることの出来る添加材を開発することにより、残土運搬量及び処分量を低減しCO2排出量の低減等の環境負荷低減あるいは経済性の向上に資することである。この度、新たな添加材の開発を試み市販の添加材との比較実験を行った結果を報告する。

2. 掘進用添加材の分類

土木学会編「トンネル標準示方書シールド工法・同解説」では、この掘進用添加材を、使用する材料の種類を基に、下記に示す4つの種類に区分している。

- ① 鉱物系 材料：粘土・ベントナイト。
- ② 界面活性剤系 材料：特殊起泡材と圧縮空気で作られる気泡材。
- ③ 高吸水性樹脂系 材料：自重の数百倍の水を吸収してゲル状となる吸水性樹脂。
- ④ 水溶性高分子系 材料：セルロース系（CMC等）、アクリル系（PHPA等）、多糖類系（グアガム等）の、高分子化合物。

これら添加材の中では、ベントナイトや粘土を主体とした鉱物系添加材が最も使用実績があるが、鉱物系添加材は、作泥プラントや貯泥設備が大規模であるため、これら諸設備を配置するための作業ヤードの確保が都市部では難しくなってきたことや、掘削土が産廃となるなどの課題があることから、近年は②の界面活性剤系、③の高吸水性樹脂系および④の水溶性高分子系などを原料とする添加材が多く使用されている。

これら添加材は、掘削土の土質や排土方法により使い分けがなされている。上記添加材区分のうち、区分③および④について分類すると以下に示すようになる。

礫質土：高吸水性樹脂系、水溶性高分子系のうちアクリル系・多糖類系などの材料を中心に使用。

砂質土：水溶性高分子系のうち、セルロース系・アクリル系などの材料を中心に使用。

粘性土：水溶性高分子系のうち、アクリル系の材料を中心に使用。

3. 添加材に求められる性能と改良添加材の考え方

礫質土や砂質土のように、微細粒子の含有量が少ない地山の場合、チャンバー内で掘削土砂に注入される添加材は微細粒子としての役目を果たし、掘削土砂の性状を、塑性流動性及び止水性を有する泥土に改良する。

先に述べたように、添加材は地山の土質（礫、砂、粘土）により使い分けが行われていることから、あらかじめ地山の各土質に効果的に働く添加材の主材を、ある割合で配合しておき、その混合物の水溶液をチャンバー内に注入することで、添加材の注入量が少量であっても、泥土の塑性流動性が確保できると推測し、各土質に使用されている添加材の主材について、様々な配合で混合物を製作し、その水溶液を礫質土や砂質土などへ注入し比較実験を繰り返し行った結果、最終的に表-1に示す配合を決定した。

キーワード 泥土圧式シールド工法掘進用添加材、水溶性高分子、砂礫土用添加材

連絡先 (株)立花マテリアル東京支店 〒341-0055 埼玉県三郷市上口3-1 TEL 048-949-2101
大成建設(株)技術センター 〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町3 4 5-1 TEL 045-814-7229

4. 比較実験

今回改良した添加材の性能を検証するために、現在一般に使用されている添加材との比較実験を行った。

実験に用いた土試料は、微細粒子の含有量が少ない土質を想定し、実験条件を同一とするため、購入土砂を用いて礫質土と砂質土の試料を製作した（図-1、図-2）。

比較用の添加材には、礫質土用として使用されている水溶性高分子（アクリル系）添加材（サンプル A）と、砂質土用として使用されている水溶性高分子（アクリル系）添加材（サンプル B）を用いた（表-1、写真-1）。

添加材使用量は礫質土で $8\text{kg}/\text{m}^3$ 、砂質土で $6\text{kg}/\text{m}^3$ とし、泥土の塑性流動性は、スランプ試験およびテーブルフロー試験で評価した。以下に実験結果を示す（表-3、表-4）。

表-1 開発添加材配合表

材料成分	混合割合(重量%)
水溶性高分子 アクリル系（高粘性）	100%より下記%を控除
水溶性高分子 アクリル系（低粘性）	10%以上
水溶性高分子 セルロース系	10%以上

5. 実験結果

①礫質土：

表-3 比較実験結果

添加材	添加材 使用量 (kg/m^3)	注入率 (%)	スランプ (cm)	テーブルフロー (mm)
開発添加材	$8\text{kg}/\text{m}^3$	7.0	18.5	119 × 110
サンプル A	$8\text{kg}/\text{m}^3$	12.0	17.0	118 × 118

②砂質土：

表-4 比較実験結果

添加材	添加材 使用量 (kg/m^3)	注入率 (%)	スランプ (cm)	テーブルフロー (mm)
開発添加材	$6\text{kg}/\text{m}^3$	10.0	19.0	154 × 155
サンプル B	$6\text{kg}/\text{m}^3$	12.0	20.5	171 × 165

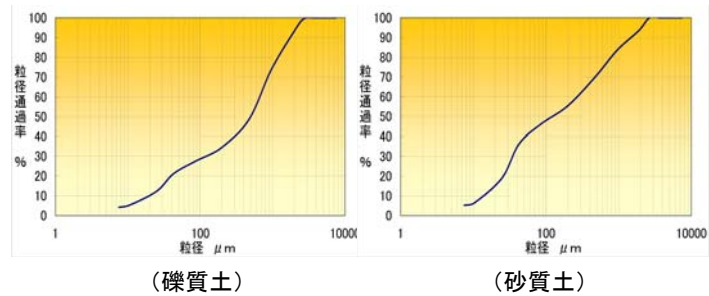


図-1 粒度曲線の例

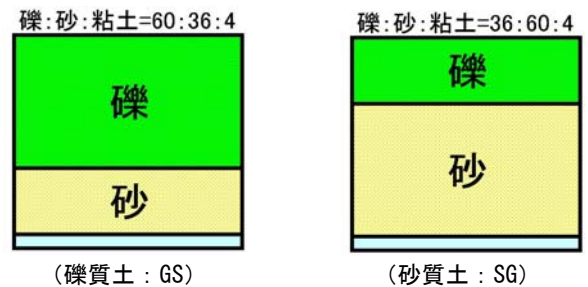


図-2 実験試料

表-2 比較添加材

添加材	主要材料成分	適用土質
改良添加材	水溶性高分子 アクリル系	礫質土／砂質土
サンプル A	水溶性高分子 アクリル系	礫質土
サンプル B	水溶性高分子 アクリル系	砂質土



写真-1 比較添加材（水溶液）



（改良添加材）



（サンプル A）

写真-2 スランプ試験結果例（礫質土）



（改良添加材）



（サンプル B）

写真-3 スランプ試験結果例（砂質土）

6. まとめ

同一条件で比較した場合、改良添加材は、既製品と同等の塑性流動性を得るために必要な添加材の注入量を、既製品と比較して表-3 より礫質土で約 42%（注入率：12.0%→7.0%）、表-4 より砂質土で約 17%（注入率：12.0%→10%）低減した。礫質土、砂質土とも、掘削土砂に同等の流動性を付与するために必要な添加材の注入量が、既製品に比べて低減されていることから、排出される残土量の低減が可能であると考えられる。

今後はシールド工事において実証し本開発添加材の性能を検証する予定である。

参考文献

- 1) トンネル標準示方書 シールド工法・同解説 2006 年