

## 大断面泥土圧シールドにおける気泡・加泥材の検討

株式会社 奥村組 正会員 ○釜ヶ谷 悠馬  
株式会社 奥村組 正会員 中村 誠喜

株式会社 奥村組 正会員 根来 将司  
鉄道・運輸機構 非会員 成田 研人

## 1. はじめに

大断面の泥土圧シールドでは、断面内に含まれる地層が多くなり、高い土水圧を有する地層にあたり、チャンバー内の圧力が急激に変動する場合がある。チャンバー土圧の上昇は、スクリーコンベヤー（以下、S.C.）出口での掘削土の噴発を誘発することから、S.C.での確実な減圧が必要である。このため、一般に、添加材により塑性流動化、噴発防止および変動抑制を図っており、界面活性効果と経済性、掘削土の改質の利点から添加材として気泡を用いるケースが多い。一方で、気泡は掘進が停止すると、時間経過とともに消泡し、S.C.出口で噴発し、チャンバー土圧が急変する場合がある。

本稿では、「北海道新幹線、羊蹄トンネル（比羅夫）他」の泥土圧シールド（外径φ11.56m）で、気泡と水溶性ポリマー加泥材水溶液（以下、加泥材と呼ぶ）を組み合わせ使用し、適切な配合を検討した事例を報告する。

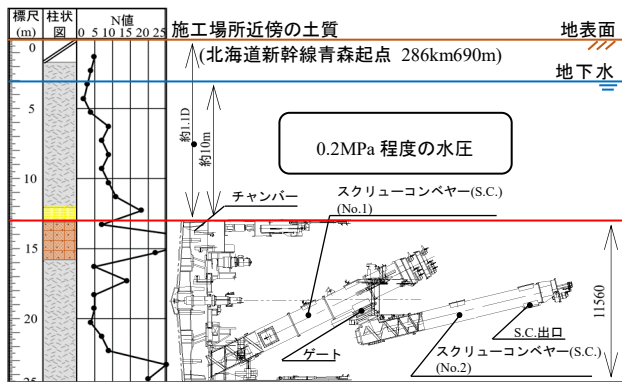


図1 シールドマシンの構成と施工のイメージ

## 2. 配合試験

## 1) 試験方法

室内予備試験をもとに、気泡と加泥材を組み合わせた5つの配合を設定し、掘進1リングに対し、1配合を適用して、掘進データと掘削土性状を比較した。

気泡のみの注入では、掘進時にS.C.出口にて掘削土の噴発が発生したため、試験で実施した配合は、気泡の発泡倍率と濃度を変化させ、加泥材と組み合わせたものと、加泥材のみの計5パターンである（表1）。

キーワード 大断面シールド, 加泥材, 気泡, 配合

連絡先 〒108-8381 東京都港区芝5-6-1 (株)奥村組 東日本支社 土木技術部 TEL03-5427-8260

表1 試験施工配合表

配合パターン	気泡			加泥材 (高分子凝集系)		加水量 ( $m^3$ )
	発泡倍率 (倍)	濃度 (%)	注入率 (%)	濃度 (%)	注入率 (%)	
1	20	8	10	1	4	6.2
2	15	6	10	1.1	3	7.0
3	10	3	10	1	4	7.3
4	0	0	0	0.7	14	22
5	0	0	0	0.4	14	22

## 2) 試験結果

表2に掘削土性状の結果を示す。実機施工における管理値は、ミニスランプ:1~3cm, ベーンせん断力:1~3kN/m<sup>2</sup>, とした。表より、加泥材のみの施工では管理値を満足できないことが分かる。S.C.出口での排土の様子を写真1,2に示す。

表2 試験施工結果

■:管理値を満足

配合パターン		単位	1	2	3	4	5	管理値
掘削土 性状	ミニスランプ	cm	1.9	3.8	2.1	3.7	6	1~3
	ベーンせん断力	kN/m <sup>2</sup>	2.115	1.194	1.360	1.023	0.750	1~3
	含水比	%	40.4	39.3	29.9	39.2	39.3	-
	比重		1.72	1.69	1.76	1.73	1.73	-



写真1 健全な排土 写真2 性状悪化した排土

掘進状況（図2）から以下の事項が確認できる。

- ・カッタートルクは4,000kN・m~8,000kN・mで推移している。
- ・加泥材のみのパターン4,5の比較から、加泥材濃度を薄くするとカッタートルクに低下傾向が見られる。
- ・気泡と加泥材を併用した場合、S.C.圧力はおおむねNo.1>No.2となっているのに対して、加泥材のみの場合、逆転する傾向が生じた。
- ・328リングでは、配合パターン5の影響が残り、S.C.圧力が低下し、噴発傾向を示した。
- ・配合パターン1~3では掘進時に大きな問題はなかったが、特に配合パターン1が地山への加水量が最少なく施工結果も良好となった。

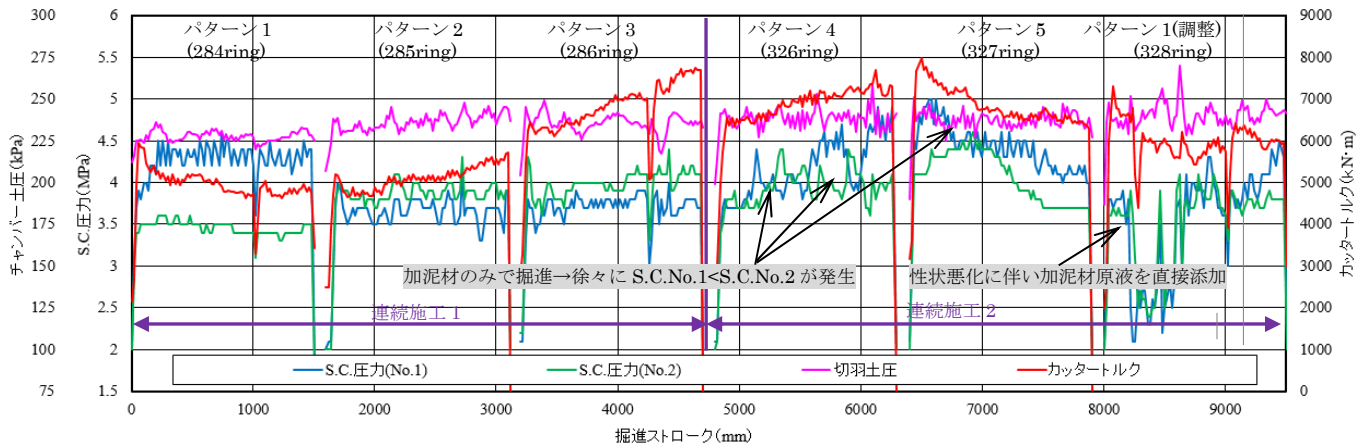


図2 各配合の S.C.圧力,チャンバー土圧およびカッタートルクの関係

3) 施工実績

加泥材 (高分子凝集系) の注入を開始した 76R~394R までの地山の粒度分布と気泡と加泥材の注入実績を 図 3,4 に示す. 現在までの地質では, 細粒分が最少であった 292 リングと全体平均共に特殊起泡材の適用区分が B タイプ<sup>1)</sup>を用いる砂質土~礫質土の区分である.

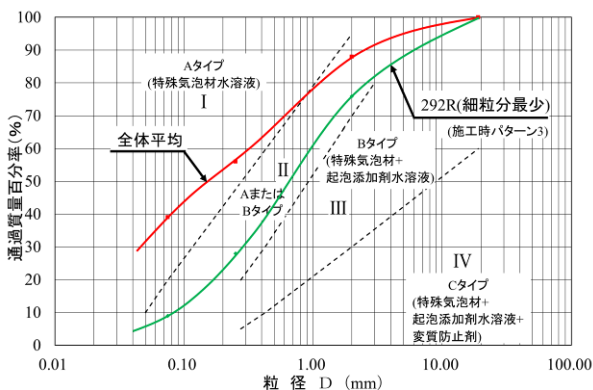


図3 地山の粒度分布実績

394R までの気泡の注入実績の平均値は, 濃度 6~7%, 発泡倍率 16~18 倍, 注入率 11%となっている.

一方, 加泥材の注入実績の平均値は, 濃度 1.0%, 注入率 3.7~4.0%である. 排土性状に合わせて濃度を 0.8%~1.2%で調整し, 気泡と併用することで切羽の安定を図ることができた.

図 4 に示すように細粒分の割合は変化しているが, 表 3 に示す配合が最も安定して掘進ができた.

S.C.出口で噴発傾向が表れた際, 一旦掘進を中断し, 加泥材の原液を S.C.に添加することで凝集反応により噴発を抑えることができるが, この方法では攪拌による反応を待つ必要がある. 本実験で使用した加泥材は, 通常の攪拌による凝集反応に加え, 浸透による効果が期待でき, 実施工 (328 リングのような噴発傾向の際) から, 加泥材水溶液の即応性の確認ができた.

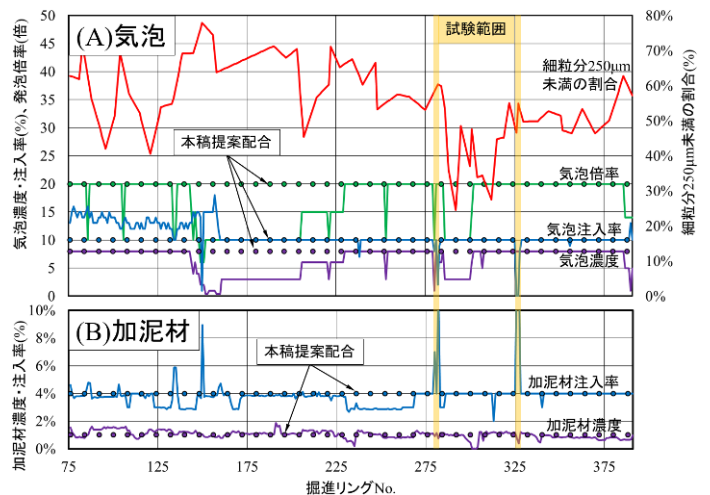


図4 気泡と加泥材の注入実績

表 3 提案配合

気泡		加泥材(高分子凝集系)		
発泡倍率(倍)	濃度(%)	注入率(%)	濃度(%)	注入率(%)
20	8.0	10	1.0	4.0

3. 高水圧下施工に向けての課題

0.2Mpa 程度の水圧に対抗できる配合を実施工で確認できたが, 羊蹄トンネルでは, 今後 0.6Mpa 程度の高水圧が作用する区間があり, 以下の課題に対応する必要がある.

- 適切なベーンせん断強さ (=粘着力) の検討  
粘着力を向上させることでプラグゾーンが形成でき, 噴発を抑制できる. 一方で粘着力を向上させると, 塑性流動性が確保できない. そのため, 施工条件に合わせた適切な管理範囲を検討する.
- 気泡の消泡によるチャンバー土圧の低下  
消泡は土被りに関係なく停止時間の長さにより発生する. 消泡時の対応を検討する必要がある.  
引き続き, 模型試験等を実施し, 検討を進める計画である.

参考文献

- 1)気泡シールド工法, シールド工法技術協会