

幅広い土質に 1 剤で適用可能な新規起泡沫の開発

ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ株式会社 正会員 ○石井雅浩, 篠原明
株式会社大林組 正会員 木村志照, 正会員 三浦俊彦, 正会員 武田厚

1. はじめに

気泡シールド工法は掘削時に気泡を用いることで、掘削土をまとめて流動性を向上させ安定した掘削を可能にする工法である。使用する気泡は対象土の粒度によって使い分けられ¹⁾、細粒分の多い土には界面活性剤を主成分とした A タイプ起泡沫剤を発泡させて使用する。一方、細粒分の少ない砂質、砂礫質土については A タイプ起泡沫剤の気泡のみでは土をまとめることが難しい。そのため、A タイプ起泡沫剤に添加剤を加えて増粘させた B タイプ、ゲル化作用を加えた C タイプ起泡沫剤が用いられるが、これらは添加剤調整のための手間や付帯設備が必要となり、現場の負担となっている。筆者らはこの点に着目し、幅広い土質に対して添加剤を必要とせず、1 剤のみで掘削可能となる新規起泡沫剤を開発した。本報告では起泡沫剤の物性と、掘削土に対するまとまり性試験結果を従来 B タイプ起泡沫剤と比較して報告する。

2. 新規起泡沫剤コンセプト

1 剤で幅広い土質に適用可能な起泡沫剤を開発するにあたり、筆者らは紐状ミセルに着目した。A タイプ起泡沫剤に用いられる界面活性剤は、水中でミセルと呼ばれる会合体を形成するが、通常は球状である。しかし、界面活性剤の組み合わせや適切な助剤の選択により会合状態を制御することで、長く紐状に伸びた紐状ミセルを形成させることが可能となる。各ミセルの模式図を図 1 に示す。この紐状ミセルは、相互の絡み合いによる構造粘性や曳糸性など、球状ミセルが持たない様々な特性を有し、これらの特性によって既存の A タイプ起泡沫剤ではまとめることが不可能な土質にも適用可能になると考えた。以下、開発した新規起泡沫剤の物性と、性能評価結果を示す。



図 1. 球状ミセルと紐状ミセル

3. 起泡沫剤物性

3.1 目的 紐状ミセルの活用により、従来起泡沫剤にはない特異な粘度特性、曳糸性が期待される。開発品の特性を明らかにするため、起泡沫剤の粘度、曳糸性を既存 A タイプ、B タイプ起泡沫剤と比較して物性を調べた。

3.2 試験方法 起泡沫剤の粘度及び曳糸性について、既存 A タイプ起泡沫剤と開発品は水道水を用いて 3% に希釈して測定した。また、既存 A タイプ起泡沫剤 0.4% に CMC 1.2% を溶解させたものを既存 B タイプ起泡沫剤として測定した。粘度は B 型粘度計 TVB-10（東機産業製）を用いて測定し、曳糸性については、特許文献²⁾に記載の方法により評価した。レオメーター MCR301（AntonPaar 製）を用いて、治具コーンプレート（直径 25mm）、ギャップ 0.054mm、20℃、せん断速度 100～1000 (1/s) の範囲で行った。せん断速度 1000 (1/s) での第一法専応力差を粘度で除した値を曳糸性の指標とし、値が大きいほど曳糸性が高いとして評価した。

3.3 結果と考察 粘度および曳糸性の測定結果を表 1 に示す。既存 A タイプ起泡沫剤に比べ、開発品は約 9 倍の粘度を示しており、紐状ミセル形成による構造粘性が発現しているものと考えられる。一方、既存 B タイプ起泡沫剤と比較すると粘度は低い結果となった。また、曳糸性については既存 A タイプ、B タイプともに値が非常に小さく、実観測においても糸引きは観察されなかった。対して開発品は非常に高い値を示し、実観測においても明確

表 1. 粘度、曳糸性評価結果

起泡沫剤	既存Aタイプ	既存Bタイプ	開発品
粘度 (mPa・s)	3	475	27
曳糸性 (1/s)	944	691	42890

キーワード シールド, 気泡, 起泡沫剤, 紐状ミセル

連絡先 〒132-0035 東京都江戸川区平井 7-2-1 ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ株式会社 TEL03-3616-3158

な糸引きが確認された。この結果から、本評価方法が実際の曳糸性をよく反映しており、開発品が特異な曳糸性を有していることがわかった。これは開発品が安定的な紐状ミセルを形成しており、絡み合いによる糸引きが生じている結果と考えられる。

4. 気泡混合試験

4.1 目的 実施工において、起泡剤には掘削土に対して適度なまとまり性を付与することが求められる。開発品の実使用性能を明らかにするため、気泡混合土のまとまり性を B タイプ起泡剤と比較して調べた。

4.2 試験方法 一般的に B タイプ起泡剤の使用が推奨される粒度分布になるよう¹⁾、細粒分の少ない模擬土①と、さらに細粒分が少なくまとめる事が困難な模擬土②を作製した。各模擬土の粒度分布を図 2 に示す。それぞれの模擬土に対して、表 2 に示す条件で含水調整した後、気泡を添加し、1 分間攪拌することで気泡混合土を得た。得られた気泡混合土のスラン

プ試験を行い、外観観察によりまとまり性を評価した。

4.3 結果と考察 評価結果を表 3 に示す。模擬土①について、既存 B タイプ起泡剤、開発品ともにスランブコーンを脱型した後の供試体にまとまりがあり、細粒分を巻き込んだ気泡が礫質分と混合され、全体として適度な流動性とまとまり性が付与されている様子が見られた。より細粒分の少ない模擬土②については、既存 B タイプ起泡剤を用いた場合、まとめることができず供試体は崩壊した。一方、開発品については模擬土①と同様に礫質分と気泡が絡み合って全体をまとめる様子が見られ、気泡添加率が半分であるにもかかわらず既存 B タイプ起泡剤よりも高いまとまり性能が確認された。この高いまとまり性の発現機構は明確になっていないが、高い曳糸性にみられる紐状ミセル同士の絡み合いにより、網目状の構造を形成して礫質分を絡めとることで、模擬土全体に対して高いまとまり効果を発揮したものと推察される。

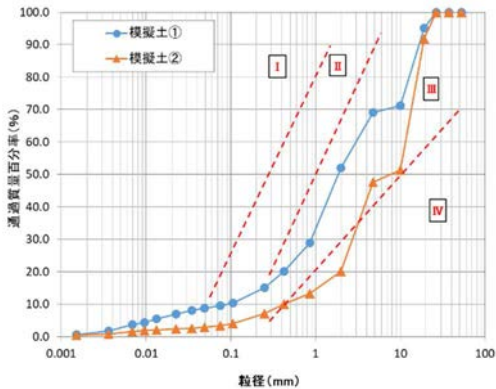


図 2. 模擬土の粒度分布

表 2. 試験条件

No	模擬土		起泡剤			気泡添加率
	種類	含水比	種類	濃度	発泡倍率	
1	①	5.0%	既存Bタイプ	1.6%	6倍	30%
2	①	5.0%	開発品	3.0%	10倍	10%
3	②	2.5%	既存Bタイプ	1.6%	6倍	20%
4	②	2.5%	開発品	1.5%	20倍	10%

表 3. まとまり性評価結果

No	1	2	3	4
模擬土	①	①	②	②
起泡剤	既存Bタイプ	開発品	既存Bタイプ	開発品
気泡混合土				

5. まとめ

今回、従来の B タイプ起泡剤のような添加剤を必要としない、1 剤のみで幅広い土質に適用可能な新規起泡剤を開発した。開発品について、物性と性能評価を行った結果、以下の 2 点が明らかとなった。①開発品は従来 B タイプ起泡剤に比べ、高い曳糸性を有している。②開発品は高いまとまり性能を有しており、B タイプ起泡剤の使用が推奨される粒度分布の土に対しても適用可能である。

本結果から、起泡剤に紐状ミセルを活用することで、粒度の大きな土砂に対する高いまとまり性が期待される可能性が示唆された。

参考文献

1) シールド工法技術協会，気泡シールド工法-技術資料- （2020）
2) 笠原啓二，株式会社マンダム，曳糸性の評価方法 特開 2011-2418 （2011.1.6）