

気泡シールド工事用起泡剤と気泡の物性分析

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

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、掘削土の流動性、止水性向上や、チャンバー内の掘削土の付着防止など様々なメリットが得られるが、これら性能は気泡の物性に影響を受けることが知られている¹⁾。そのため、気泡シールド工法に適した気泡や、その気泡を生成する起泡剤を開発する上で、気泡の物性を分析し、掘削時の性能との相関性を明らかにすることは重要な意義をもつ。筆者らは環境適応性に優れた新規起泡剤として「レオフォーム OL-10」を開発し、気泡の粘性や環境影響などを調べ報告してきた^{1,2)}。本報告では、気泡物性と掘削性能の相関性を解明する第一歩として、これまで分析してこなかった気泡の弾性や安定性について評価し、レオフォーム OL-10 の基本的な特性を調べた結果を従来剤と比較して報告する。

2. 発泡性, 安定性

2. 1 目的 気泡シールド工法においては、安定的で消泡しにくい気泡が求められるが、よりきめ細かい気泡ほど、安定性を増して消泡しにくいことが知られている。そこで、発泡性およびきめ細かい気泡を生成する能力指標である動的表面張力測定と、安定性の指標であるラメラ長測定、顕微鏡による直接観察によって、レオフォーム OL-10 の特性を調べた。

2. 2 試験方法 動的表面張力は SITA-60(英弘精機(株)製)を用いて、最大泡圧法にて気泡生成時間 0.03~60 秒での表面張力低下を測定した。ラメラ長は表面張力計 DY-500(協和界面科学(株)製)を用いて、du Noüy 法にて測定した。測定はレオフォーム OL-10 0.4%, 1%溶液と、従来剤 1%溶液に対して実施した。

気泡の直接観察には光学顕微鏡 VHX-6000(徠カキエンス社製)を用いて、倍率 200 倍にて観察を行った。対象とする気泡は、レオフォーム OL-10 0.4%溶液 10 倍発泡, 1%溶液 10 倍発泡, 1%溶液 20 倍発泡での気泡と、従来剤 1%溶液 8 倍発泡, 1%溶液 20 倍発泡の気泡を用い、それぞれ発泡直後と、30 分, 60 分間室温で静置した気泡について観察を行った。

2. 3 結果と考察 動的表面張力の測定結果を図 1 に示す。動的表面張力は界面活性剤の界面への吸着速度を、表面張力の時間変化として捉える測定法であり、より短時間で低い表面張力を示すものほど発泡性が高く、きめ細かい気泡を生成することが期待される。特に発泡性の指標とされる、気泡発生時間 1 秒未満の領域に着目すると、レオフォーム OL-10 1%溶液は、従来剤の 1%溶液に比べ表面張力が低いことがわかる。さらに、レオフォーム OL-10 の濃度を 0.4%としても、従来剤 1%溶液と比較して低い表面張力を示した。この結果から、レオフォーム OL-10 は従来剤に比べて低濃度で使用しても発泡性が高く、よりきめ細かい気泡を生成できることがわかる。

次にラメラ長測定結果を表 1 に示す。レオフォーム OL-10 は 0.4%, 1.0%ともに、従来品 1.0%に比較してラメラ長が 1.2 倍程度長いことがわかった。このことから、レオフォーム OL-10 は、従来品に比べて低濃度で使用しても、

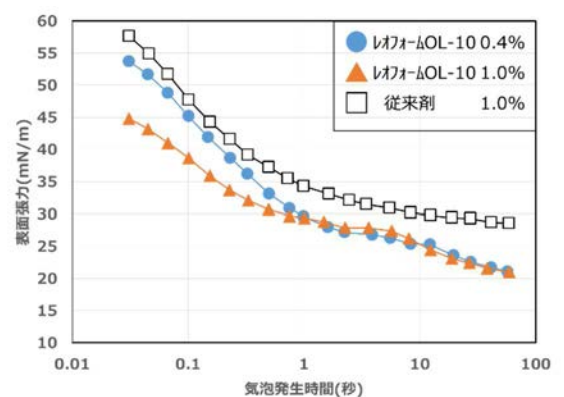


図 1. 動的表面張力

表 1. ラメラ長

起泡剤		レオフォームOL-10	従来剤
濃度	%	0.40	1.00
ラメラ長	mm	3.94	3.23
標準偏差	mm	0.05	0.02

キーワード シールド, 気泡, 起泡剤, 分析

連絡先 〒108-8502 東京都港区港南2丁目15番2号 株式会社大林組 TEL03-5769-1318

安定性の高い気泡が得られると示唆された。

次に、光学顕微鏡による観察結果を図2に示す。同じ1%溶液 20倍発泡で生成された気泡でも、レオフォーム OL-10 は従来剤に比べて気泡の径が小さく、よりきめ細かい気泡となっていることがわかる。この結果から、先の動的表面張力測定の結果が妥当であることが確認された。

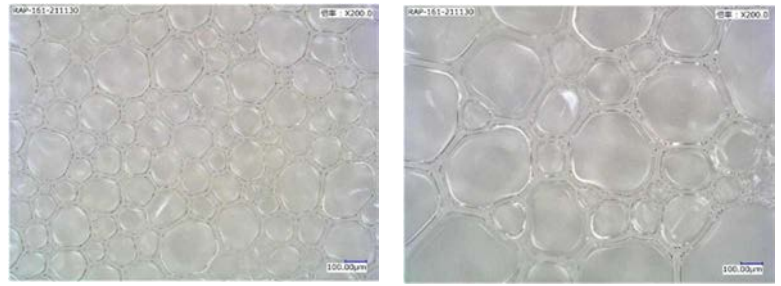


図2. 顕微鏡写真（左：レオフォーム OL-10、右：従来剤）

3. 気泡の物性

3. 1 目的 掘削時、土と混合された際に消泡しないためには、より弾性を持ち、変形に対して柔軟な気泡が良いと推測される。そこで、気泡のレオロジー測定による貯蔵弾性率評価を通じてレオフォーム OL-10 の特性を調べた。

3. 2 試験方法 気泡のレオロジー測定はレオメータ MCR301 (AntonPaar 製)を用いて、治具パラレルプレート(直径 50mm)、ギャップ 1mm, 20°C, 歪依存測定にて歪 0.01~500%の範囲で行った。対象とする気泡は、レオフォーム OL-10 0.4%溶液 10倍発泡, 1%溶液 10倍発泡, 1%溶液 20倍発泡での気泡と、従来剤 1%溶液 8倍発泡, 1%溶液 20倍発泡の気泡を用い、それぞれ発泡直後と、30分, 60分間室温で静置した気泡について測定を行った。

3. 3 結果と考察 レオメータの測定結果を図3に示す。レオフォーム OL-10 についてみると、発泡倍率 10倍に比べ 20倍の方が高い貯蔵弾性率を示し、より弾性のある気泡が得られることがわかった。経時での変化に着目すると、20倍発泡の気泡は経時で貯蔵弾性率が低下していく一方、10倍発泡の気泡は、発泡直後に比べて 30分後の方が高い貯蔵弾性率を示した。これは、10倍発泡の気泡が、発泡直後の気泡膜中に多くの水分を含んだウェットな状態から、経時で泡膜からの排液が進行することで界面活性剤間距離が減少し、相互作用が強まることで高い貯蔵弾性を発現しているものと考えられる。従来剤と比較すると、いずれの条件でもレオフォーム OL-10 は高い貯蔵弾性率を示した。この結果から、レオフォーム OL-10 は従来剤に比べ、低濃度で使用しても弾性の高い気泡が得られることがわかった。

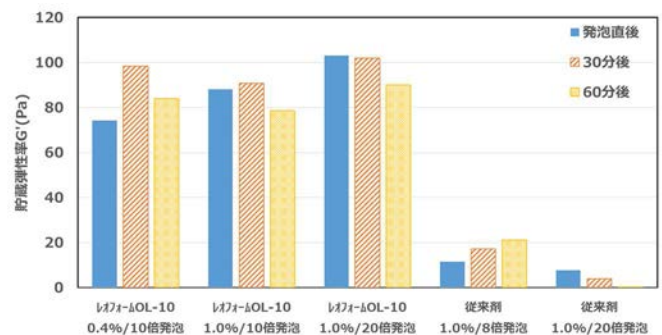


図3. 粘弾性

4. まとめ 気泡シールド工法用起泡剤、レオフォーム OL-10 について様々な分析を通じて従来品と比較した結果、以下のことがわかった。

- レオフォーム OL-10 は動的表面張力低下能に優れ、従来剤に比べ低濃度で使用しても発泡性良く、きめ細かい気泡が得られる。また、従来品に比べてラメラ長が 1.2 倍程度長く、より安定的な気泡が得られることが示唆された。
- レオフォーム OL-10 から得られる気泡は、従来剤に比べて弾性的であり、高発泡倍率で使用することで、より弾性に優れた気泡が得られる。

参考文献

- 武田厚他, 高発泡性能を有するシールドトンネル工事用起泡剤の開発, 土木学会第 70 回年次学術講演会 (2015)
- 三浦俊彦他, 気泡シールド工事から発生する気泡混合土の環境影響評価, 第 12 回環境地盤工学シンポジウム (2017)