

砒素およびフッ素の溶出を抑制できる環境配慮型のシールド工事に用いる起泡剤

ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ株式会社 正会員 ○足立とう子、野田泰史
株式会社 大林組 正会員 木村志照、正会員 井出一貴、正会員 三浦俊彦、フェロー会員 千野裕之

1. はじめに

関東の臨海地域に広く分布する沖積層の海成粘土には、自然由来の砒素およびフッ素を含む場合があり、シールド工事等の地下掘削を伴う工事においては、発生土処理が必要となる。特に自然由来汚染土は、人為的な汚染土と比べて、低い濃度の汚染土が大量に発生する特徴があるため、汚染拡散を防止できる安価な処理方法が求められている。筆者らは、これまでに硬質粘土層を掘削する際によく適用される気泡シールド工事を対象に、掘削した自然由来汚染土から砒素の拡散を防止する手法として、起泡剤としての機能に加えて砒素の溶出防止効果を有する気泡シールド工事に用いる起泡剤を開発・実用化している¹⁾。今回、砒素に加えフッ素も処理可能な新規起泡剤を開発したので報告する。

2. 総括

砒素およびフッ素の溶出を防止する剤としては、アルミニウム系他の液体不溶化剤、マグネシウム系他の粉体不溶化剤など各種不溶化剤が挙げられる。今回は、粉体を用いるとチャンバーに投入する配管を別途設ける必要があること、チャンバーでの効率的な混合には液体が有利であることなどから、アルミニウム系液体不溶化剤を採用することとした。

一方、気泡シールド工法用の起泡剤は、一般的に起泡力の大きい陰イオン界面活性剤であるアルファオレフィンサルホン酸ナトリウム(AOS)が使用されるが、不溶化処理剤として一般的に用いられる金属塩が共存すると起泡力が低減するという課題がある。これまでに筆者らは砒素処理用として金属(鉄)塩存在下でも十分な起泡力を発揮する起泡剤(開発品A¹⁾ 2))を開発することで解決していた。

しかし今回砒素フッ素共通の不溶化剤として選定したアルミニウム系不溶化剤は土壌に対する凝集力が強く、気泡混合土の流動性維持力が著しく低下するという新たな課題が見られた。そこで、さらに気泡安定性に優れる起泡剤(開発品B³⁾)を開発した。開発品Bを使用すると、砒素およびフッ素の不溶化効果を発揮する量のアルミニウム塩が存在しても流動性を十分に維持することが可能である。

これにより、砒素およびフッ素の溶出防止効果を持つ起泡剤を一液で供給可能な気泡シールド工法を確立した。

3. 評価方法および評価基準

試験に供した試料を表1に、評価方法および評価基準を表2に示す。

表1 用いた試料

起泡剤	従来品、開発品 A、開発品 B	起泡剤 5-20%、不溶化剤 0-1.6% (Al 換算)となるように混合・希釈して発泡溶液を作成し、評価に供した。
不溶化剤	Al 系液体不溶化剤	
試料土	現場から採取した海成粘土。初期溶出量 F : 0.87-1.19mg/L、As : 0.011-0.013mg/L。 初期含水比は 70%に調整した。	

表2 評価方法および評価基準

評価項目	評価方法	評価基準
起泡力	・気泡の状態を目視(顕微鏡)で確認した。なお、気泡は市販のフォーマーポンプを用いて各発泡溶液を10倍発泡させた(以下全ての気泡に共通)。 ・動的表面張力計SITA60を用い、最大泡圧法にて動的表面張力の測定を行った。	従来起泡剤と同等以上。
気泡安定性	・気泡約7gを比色管に導入し、経時による気泡からの排液率を算出した。 ・高性能回転式粘度計(HAAKE ReoStress600)を用い、気泡のせん断粘度を測定した。	—
流動性	気泡を添加率50-70%で海成粘土1.2kgと手攪拌で混合し、混合直後および30分後のミニスランプ値を測定した。	混合直後: 6cm以上 30分後: 3cm以上*
不溶化効果	上記の気泡混合土を一昼夜養生し、環告46号の溶出試験を行った。	フッ素: 0.8mg/L以下 砒素: 0.01mg/L以下

*)ポンプ圧送可能な目安が6cm以上、ズリ鋼車排出可能な目安が3cm以上とした。

4. 結果

4-1. 起泡力評価

各発泡溶液における気泡の状態および動的表面張力測定結果を図1に示す。従来品使用時は、不溶化剤によって

キーワード 砒素、フッ素、不溶化、環境汚染、気泡、シールド

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

表面張力低下能が阻害され(表面張力が上がり)、発泡性が悪くなっている。気泡径も増大し、水っぽい泡が生成する。一方、開発品 A、B は不溶化剤を添加しても低い表面張力を維持し、きめ細かい気泡を生成可能である。

4-2. 気泡混合土評価

実験の具体例および結果(抜粋)を表3に示す。

4-2-1. 不溶化効果

不溶化剤の添加量(Al 換算、対土)に対する砒素およびフッ素の溶出量を図2に示す。起泡剤の添加量(2~8g/kg-土)に関わらず、不溶化剤添加量の増加に伴って砒素およびフッ素の溶出量は減少することが確認できた。

4-2-2. 気泡混合土の流動性

不溶化剤添加量は4-2-1の検討結果より、いずれの元素も溶出量上限の約50%以下にまで低減可能な10~14mmol/kgとし、気泡混合土の流動性を確認した。結果を図3に示す。開発品 A 使用時は、混合直後のスランプ値は目標を満たすものの、混合後30分が経過すると流動性が低下してしまう。一方、開発品 B を用いると、30分経過後も良好な流動性を保つことがわかった。

表3 実験例および結果

実験例	発泡溶液				気泡混合土						
	発泡溶液組成			起 泡 力	気泡 添加率	土に対する添加量		ミニスランプ値		溶出量	
	起泡剤		不溶化剤			起泡剤*	不溶化剤*	直後	30 分後	砒素	フッ素
	種類	濃度 (%)			%-Al						
Run.1	従来品	10	1.6	×	—	—	—	—	—	—	—
Run.2	開発品 A	10	0.8	○	60	4.9	6.0	10.0	8.4	0.002	0.5
Run.3	開発品 A	10	1.6	○	70	5.6	13.8	4.8	1.3	0.001	0.27
Run.4	開発品 B	5	1.2	○	65	2.6	9.8	8.7	7.1	0.002	0.36
Run.5	開発品 B	10	1.6	○	50	4.1	10.0	7.7	6.0	0.002	0.36

*起泡剤・不溶化剤の土に対する添加量は発泡溶液中の濃度および気泡添加率から算出した。

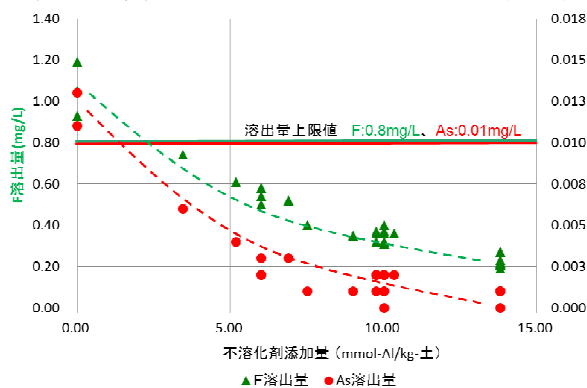


図2 不溶化剤添加量と溶出量

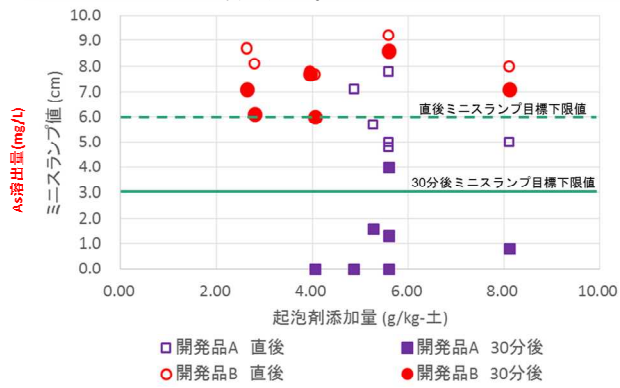


図3 起泡剤添加量とミニスランプ値

5. 考察

気泡安定性の目安として、発泡後の排液率および気泡せん断粘度(於せん断速度 1/20s)の結果を図4に示す。開発品 B は不溶化剤を添加しても排液率が低く、消泡が進みにくいことがわかる。また、気泡のせん断粘度も高く、強靱な泡であると言える。これらより、開発品 B を用いると不溶化剤の存在下でも気泡が安定化されており、海成粘土の流動性を維持できたものと推察する。

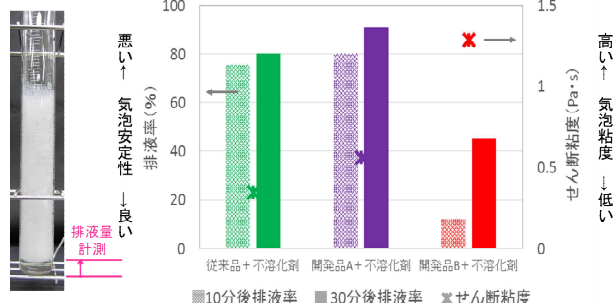


図4 各気泡の排液率およびせん断粘度
(写真は排液率測定の様子)

参考文献

- 1) 千野裕之他、汚染物質の溶出を抑止できる環境配慮型の気泡シールド工法の開発、土木学会第 68 回年次学術講演会 (2013)
- 2) 足立とう子他、砒素の溶出を抑制できる環境配慮型のシールド工事用起泡剤の開発(その1)、土木学会第 69 回年次学術講演会 (2014)
- 3) 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)