

砒素の溶出を抑制できる環境配慮型のシールド工用起泡剤の開発 (その1)

一起泡剤組成選定試験の報告

ライオン株式会社 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、千野裕之、三浦俊彦、木村勉、足立邦靖

1. はじめに

関東の臨海地域に広く分布する洪積層の硬質粘土には、自然由来の砒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、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環境拡散を防止する手法として、気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新しい気泡シールド工用起泡剤を開発した。本報告では、室内試験における起泡剤選定試験の結果について述べる。

2. 砒素の溶出を防止する起泡剤

気泡シールド工用の起泡剤は、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スルホン酸ナトリウム(AOS)が使用されるが、砒素の溶出防止効果のある鉄塩が共存すると起泡力が低減するという課題がある。対策として、溶液状の鉄塩ではなく、吸着材等の粉体状材料の使用も考えられるが、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、粉体状材料は気泡の消泡を促進して流動性維持力を低下させることから、実用的ではない。これまで筆者らは助剤を併用することで鉄塩共存時にも起泡力を発揮する組成物を確立しているが¹⁾、経時での気泡混合土の流動性維持に課題があった。そこで今回、AOSと鉄塩を混合した際の起泡力および流動性維持力の低下原因を推定し、適切な助剤を選定・添加した結果、起泡力および流動性維持力を十分に満足し、かつ砒素の溶出防止効果のある気泡シールド工用起泡剤を一液で供給することが可能となった。

3. 起泡剤の選定

3-1. 評価方法および評価基準

表1 評価方法および評価基準

	評価項目	評価方法	評価基準
①	沈殿の有無	AOSと鉄塩およびその他材料の混合時に沈殿が生じるか目視確認。	沈殿はないこと。
②	起泡力	各種起泡剤を8倍発泡させ、泡の状態を目視確認。	従来条件(AOS)と同等。
③	流動性	気泡を硬質粘土と混合し、混合直後、15分後、30分後のミニスランプ値を測定した。発泡倍率:8倍、気泡添加率:50vol%。硬質粘土は現場から採取し9.5mm以下に粉碎後、含水比を45%に調整した。	混合直後:6cm以上 30分後:3cm以上 ^{*)}
④	不溶化効果	③と同等の気泡混合土を一晩養生し、環告46号の溶出試験を行った。	0.01mg/L以下(溶出量基準値)。

*)ポンプ圧送可能な目安が6cm以上、ズリロ排出可能な目安が3cm以上であるため。

3-2. 結果

実験に用いた起泡剤の組成および結果を表2にまとめて示す。実験No.1に従来条件であるAOS0.45%のみの結果を示す。沈殿がなく、発泡性、流動性には問題ないが、砒素溶出量が基準値を超過している。ここに砒素溶出防止効果を持つ鉄塩を添加すると流動性が全くなくなってしまう(実験No.2)。助剤の添加やAOS濃度増加により混合直後の流動性向上は見込めるが、流動性維持力が不十分であり、30分後のスランプ値が3cmに達しない(実験No.3、4、5)。そこで鉄塩を添

キーワード 砒素、不溶化、環境汚染、気泡、シールド、キレート

連絡先 〒132-0035 東京都江戸川区平井7-2-1 ライオン株式会社 化学品研究所 TEL03-3616-3158

加することにより起泡剤のpH が大きく低下していることに着目し、pH を4程度に調整した(実験 No.6、7)。その結果、流動性は回復傾向を示したが、起泡剤中に沈殿が発生した。これはpH を上げることにより水不溶性の水酸化鉄が発生しているためと考えられる。そこで、流動性を確保しつつ沈殿発生を防止するため、キレート剤を併用することとした。各種キレート剤を併用したところ、いずれも沈殿がなく、起泡力、流動性、砒素溶出防止効果が良好であった(実験 No.8、9、10)。

表2 起泡剤の組成および実験結果

実験No.	AOS 濃度(%)	鉄 濃度(%)	助剤 濃度(%)	キレート剤		発泡性	沈殿の 有無	起泡剤の pH	ミンスランブ値 (cm)			砒素溶出量 (mg/L)
				種類	濃度(%)				混合直後	15分後	30分後	
No.1	0.45					○	無	9.0	9.2	8.4	3.2	×(0.290)
No.2	0.45	6.4				×	無	2.0	0.5	0.0	0.0	○(0.010)
No.3	0.45	6.4	0.45			○	無	2.0	7.5	1.5	0.5	-
No.4	1.80	6.4				×	無	2.0	5.0	2.1	0.0	○(0.005)
No.5	1.80	6.4	0.90			○	無	2.1	8.5	2.5	0.0	-
No.6	1.80	0.7	0.90			○	有	3.8	8.1	5.1	1.1	-
No.7	1.80	0.4	0.90			○	有	4.0	9.2	5.7	2.4	-
No.8	1.80	0.8	0.90	キレート剤A	5	○	無	6.5	8.5	6.5	5.4	○(0.004)
No.9	1.80	0.9	0.90	キレート剤B	1	○	無	5.8	8.8	6.9	5.2	○(0.002)
No.10	1.80	0.9	0.90	キレート剤C	1	○	無	4.3	8.8	5.1	3.4	○(0.003)

4. 考察

4-1. 起泡力低下原因の推定

4-1-1. 実験方法

各種起泡剤について、動的表面張力計 SITAt60 を用い、最大泡圧法にて動的表面張力の測定を行った。

4-1-2. 結果

図1に組成および結果を示す。AOS に鉄塩(硫酸鉄)を併用すると AOS の表面張力低下能が阻害されて発泡性が悪くなるが、助剤も併用すると表面張力低下能が回復し、鉄塩非存在下と同等以上の発泡性を示すことがわかる。なお、AOS に硫酸のみを併用した組成では表面張力低下能が阻害されおらず、起泡力低下の原因は硫酸鉄中の鉄イオンであることが明らかになった。

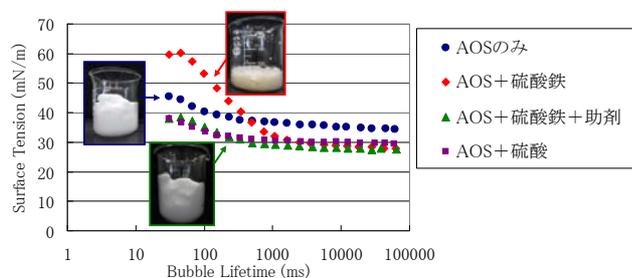


図1 気泡の様子と動的表面張力

4-2. 流動性維持力低下原因の推定

4-2-1. 実験方法

各種起泡剤中に分散させた硬質粘土粒子のゼータ電位を測定した。装置はゼータサイザーナノ ZS を用いた。

4-2-2. 結果

起泡剤pH に対し硬質粘土粒子のゼータ電位をプロットしたものを図2に示す。pH が中性付近では-40mV 程度のゼータ電位を示すが、硫酸鉄あるいは硫酸を併用した低pH 起泡剤中ではゼータ電位の絶対値が小さくなる。

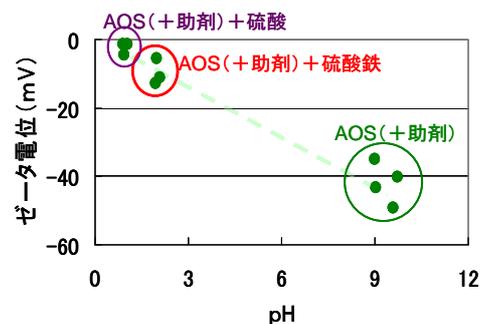


図2 起泡剤pH と硬質粘土のゼータ電位

これより、酸の存在によって硬質粘土粒子の凝集が促進される可能性が示唆され、流動性低下にpH が下がること関与していると推察される。

5. まとめ

AOS に鉄塩を併用すると、鉄イオンによって AOS の起泡力が低下し、低pH によって流動性維持力が低下することが示唆された。適切な助剤およびキレート剤を選定・添加することで、砒素の溶出防止効果のある気泡シールド工用起泡剤を一液で供給可能となった。これにより、施工の簡略化やコストダウンが見込めるものとする。

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)