

気泡シールド工事から発生する気泡混合土の再発泡抑制検討

ライオン・スペシャリティ・ケミカルズ株式会社 正会員 ○大島典子、野田泰史
株式会社 大林組 正会員 木村志照、正会員 三浦俊彦

1. はじめに

近年、大断面シールド工事において気泡シールド工法の適用事例が増加する傾向にあり、気泡シールド工法で使用する起泡剤として、低濃度でも十分な発泡能力を持つ新規起泡剤の開発が進められている。従来剤よりも低濃度で使用が可能であることから、シールド坑内での材料運搬頻度が少なくなると共に、環境への影響も低減できることが期待されている。一方、大断面シールド工事への適用により大量の気泡混合土が発生する。この気泡混合土に混在する気泡は、一般に現場から排出される時点では消泡されているが、搬出先での処理方法によって再度泡が発生することが懸念されている。本報告では、新規起泡剤が従来剤よりも低濃度で使用できる利点に着目し、新規起泡剤混合土と従来剤混合土の再発泡状況の比較を行うと共に、泡が発生する場合に備えた事前の再発泡抑制対策の有効性について検討したのでその結果を報告する。

2. 従来起泡剤と新規起泡剤の混合土の再発泡状況の比較

表-1 用いた試料

起泡剤	剤種	希釈濃度	発泡倍率
	従来剤	1.5%	8倍
	新規剤	0.5%	10倍
試料土	砕石7号:トクレー:砂質現場土=2:2:6の重量割合で混合し、含水比を11%に調整。		

2-1 目的

従来剤と新規起泡剤を含有する気泡混合土を水中投入した際の泡の発生状況を確認し、各起泡剤の再発泡の程度を比較した。

2-2 試験方法 《 2-2-1.再発泡性の確認 》

試験に供した試料を表-1に示す。試料土に対して体積比率30%の気泡を加え気泡混合土を調整した。水5Lに対し、気泡混合土1kgを投入し、再発泡性状況の確認を行った。尚、現場で気泡混合土を仮置きする場合を想定し、1日および3日静置した後の気泡混合土を水中投入した際の再発泡の様子も確認した。

《 2-2-2.生分解性の評価 》 従来剤と新規気泡剤の再発泡性の違いについて原因を明確にするため各剤の生分解性を評価した。OECD テストガイドラインに基づいて、活性汚泥を用いた淡水中のBOD分解試験を実施した。起泡剤を約100mg/Lとし、活性汚泥濃度は30mg/L、試験液培養温度は25±1℃で28日間培養し、7日目に培養液を採取してBOD濃度を測定した。

《 2-2-3.砂質土への吸着率の評価 》 従来剤と新規起泡剤の再発泡性の違いについて原因を明確にするため各剤の砂への吸着率を評価した。起泡剤を500mg/L溶解した海水に、砂質土を液固比10で添加し、120rpmで24時間振とうを行った。その後、3000rpmで20分間遠心分離を行い、上澄み液のMBAS濃度から起泡剤濃度を求めた後、砂への吸着率を算出した。MBAS濃度から起泡剤濃度を推定するために、海水に一定量の起泡剤を添加した溶液のMBAS濃度を測定し検量線を作成している。

2.3 結果

再発泡性の評価結果を表-2に示す。気泡添加直後の気泡混合土を水中投入すると、従来剤・新規起泡剤共に気泡が発生することを確認した。仮置き想定で静置させた気泡混合土について、従来剤では3日静置後も気泡の発生が確認された。一方、新規起泡剤では、1日静置で気泡の発生は低減し、3日静置では気泡の発生がほぼ無くなることが確認された。これは、起泡剤使用濃度が従来剤より少ないこと、更に、起泡剤成分である界面活性剤の生分解性および砂への吸着能が、新規起泡剤のほうが優れているためと考えられる(表-3)。新規起泡剤は経時で分解もしくは砂へ吸着されやすいため、水中に溶出する界面活性剤量が従来剤よりも少なく、再発泡の抑制に繋がったものと推察される。

キーワード 気泡、シールド、抑泡、消泡

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-2 再発泡性状況の一覧

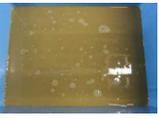
起泡剤	気泡添加直後	1日静置後	3日静置後
従来型			
新規剤			

表-3 起泡剤の生分解性および砂質土^{※1}への吸着率

性能	生分解性	砂質土 ^{※1} への吸着能
評価法	BOD分解度(%)	吸着率(%)
従来剤	46	76.5
新規剤	54	90.8

※1 吸着率の測定に供した砂質土は2-2-1とは異なり、下記の組成である。
礫分/砂分/シルト・粘土分=1.1/88.6/10.3 (%)

3. 新規起泡剤に対する泡発生防止材の効果確認試験

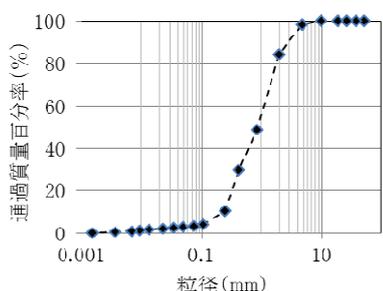
3.1 目的

先の試験から、新規起泡剤は従来剤よりも生分解性や砂への吸着量が大きく、気泡混合土から泡を発生しにくいことが明らかとなった。しかし、現場の条件によっては養生時間の確保が難しく、気泡混合土の排出直後に運搬処分されることも想定される。そこで、気泡混合土に泡の発生を防止できる材料を事前に添加しておくことで、再発泡抑制の有効性の検討を行った。泡発生防止材として、活性炭・塩化カルシウム・シリコーンエマルジョンの効果を確認した。

3.2 試験方法

試験に供した試料を表-4に、用いた泡発生防止材を表-5に示す。試料土に対して体積比率30%の気泡を加え気泡混合土を得た。加えた気泡重量に対して所定量の泡発生防止材を添加し20秒間の手練りで混合した。泡発生防止材の添加前、

表-4 用いた試料

起泡剤	新規起泡剤を0.5%に希釈して発泡溶液を作成し、発泡倍率10倍で発泡させ評価に供した。
試料土	下図の粒度分布の土を使用。含水比を5%に調整した。 

添加後での単位体積重量を測定し、消泡効果を確認した。その後、水5Lに対し泡発生防止材を含む気泡混合土を1kg投入し、再発泡状況の確認を行った。尚、泡発生防止材の内、液体であるシリコーンエマルジョンは、土との接触効率を高くするため100倍希釈溶液を作成してから添加を実施した。

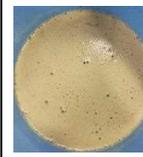
表-5 用いた泡発生防止材

泡発生防止材	添加量 (% vs 気泡重量)	期待する効果
活性炭	5	界面活性剤の吸着
塩化カルシウム	5	界面活性剤の不溶化
シリコーンエマルジョン	0.5, 0.1	泡膜の不安定化

3.3 結果

各泡発生防止材別の単位体積重量および再発泡状況の結果を表-6に示す。塩化カルシウム以外の泡発生防止材で再発泡の抑制効果を確認することができた。塩化カルシウムで抑制効果が得られなかった理由として、新規起泡剤の主剤に耐硬水性の大きい活性剤を使用していることが挙げられる。塩化カルシウムの添加量を増加させれば効果はあるはずだが、費用対効果が悪いため検討は行っていない。活性炭およびシリコーンエマルジョンに関して、共に抑制効果があることを確認した。活性炭は粉体であるため気泡との接触効率が悪く、低添加量では効果が得づらい結果となった。シリコーンエマルジョンは低添加量で抑制効果があり、新規起泡剤に対する最適な泡発生防止材であることを確認した。

表-6 泡発生防止剤の添加による再発泡抑制の評価結果

泡発生防止材	未添加	活性炭	塩化 Ca	シリコーンエマルジョン			
添加量(% vs 気泡重量)	-	5	5	0.5	0.1	0.1(静置1日)	
単位体積重量	実測値	1.497	1.538	1.489	1.633	1.676	1.636
	未添加との比	-	1.0274	0.9947	1.0908	1.1196	1.0928
水投入後の再発泡状況							
再発泡状況の評価※2	×	△	×	○	△	○	

※2 泡の発生状況評価 ×:未添加と同等程度の再発泡、△:未添加より再発泡は抑制傾向、○:顕著な再発泡の抑制

4. まとめ

- 1) 新規起泡剤は従来剤と比較して、低添加量での使用が可能なこと、生分解性および土への吸着能が優れていることから、気泡混合土の再発泡が抑制される。
- 2) 新規起泡剤の再発泡を抑制する気泡発生防止材としてはシリコーンエマルジョンが優れており、添加気泡重量に対して0.5%の添加で再発泡の抑制効果が確認できた。

参考文献

- 1) 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)
- 2) 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)