

気泡シールド工法の新起泡剤による自然消泡性と施工事例

(株)フジタ 正会員 ○余宮正一 大井隆資 北島 明
篠原 博 磯崎智史 吉野広司

1. はじめに

シールド工法は、都市部におけるトンネル工事の有効な工法として多用されているが、近年のシールド工法の課題の一つとして、掘削土処理における環境面での対応があげられる。

気泡シールド工法は、起泡剤にアニオン系界面活性剤を使用し環境への影響は小さい工法である。その中で最も多用されているAタイプ起泡材では、その自然消泡に期待して消泡材を使用しない場合が多いが、気泡掘削土を中間処理場において洗浄処理する場合に自然消泡が十分でないと掘削土から泡沫が発生し、処理設備や排水に支障をきたす課題があった。

弊社は、掘進中には気泡の効果で流動性と止水性を確保し、排土後は自然消泡性に優れた起泡剤環境8号を開発し、福岡市発注の雑餉隈第6雨水幹線築造工事(以下、「本工事」とする)の全線において実用化した。

本稿は、起泡剤環境8号による施工結果と自然消泡性の実証試験について報告するものである。

2. 起泡剤環境8号

起泡剤環境8号は、従来の特殊起泡剤(アニオン系界面活性剤)と気泡安定剤(ノニオン系界面活性剤)を混合したアニオン系界面活性剤複合体である(写真-1, 表-1)。気泡安定剤の混合によって、シールド掘進中には表面張力の大きい緻密な気泡が掘削土中に確保できる。

その結果、従来よりも起泡剤の減量が可能である(表-2: 従来の特殊起泡剤Aタイプの標準配合は30ℓ/m³)。

また、気泡安定剤はノニオン系で気泡の表面張力を低下させる消泡効果もあり、シールド掘進後、大気に排出された掘削土の自然消泡性が従来の特殊起泡剤よりも優れている。



外観 発泡状況
写真-1 起泡剤環境8号

表-1 起泡剤環境8号の特性

化学名	アルファオレフィンスルホン酸ナトリウム複合体
成分	アニオン系界面活性剤複合体
物理状態	外観: 淡黄色透明液体 比重: 1.08±0.03
pH	7.5±1.0(Aタイプ起泡材)

表-2 標準配合(起泡材1m³当り)

	単位	Aタイプ	Bタイプ
起泡剤環境8号	ℓ	8~10	6
起泡添加剤	kg	—	6
変質防止剤	ℓ	—	2
水	ℓ	990~992	989

3. 施工結果と自然消泡性の実証試験

3.1 施工結果 本工事(掘削外径φ3,530mm, 掘進延長770m)は、雨水整備D oプランの一環である雨水幹線を泥土圧シールド工法(気泡: 写真-2)で施工するもので、掘削土質は全線がN値50以上の風化花崗岩(掘削土の平均的粒度は、細粒分20%, 砂分65%, 礫分15%)である。

初期掘進において、起泡剤環境8号Aタイプでの発泡倍率・注入率のトラリアル施工を行い、発泡倍率4倍、気泡混合率40%を基本に掘進し、従来の起泡剤と同等の掘削土の塑性流動化が図れ、安定した掘進が可能であった。

起泡材は、環境8号の使用量が少ないことから後方台車プラントにて作成した(写真-3)。そして、掘進後の掘削土は、環境8号の自然消泡性(後述)から中間処理場でも洗浄処理による泡沫は発生せず、設備・排水に影響なく処理でき再生砂として再生利用することができた(写真-4)。



写真-2 気泡シールド機



写真-3 後方台車の起泡材プラント

到達時のカッターヘッド状況を写真-5に示す。外周強化先行ビットの摩耗量は最大40mmで、推定摩耗量

キーワード 気泡シールド工法, 起泡剤, 自然消泡性, 中間処理場, 環境負荷低減, 風化花崗岩

連絡先 〒151-8570 東京都渋谷区千駄ヶ谷4-25-2 TEL 03-3796-2298



①土砂ピットへの排土



②土砂ピット内(泡なし)



③洗浄処理(泡なし)

写真-4 掘削土の中間処理状況

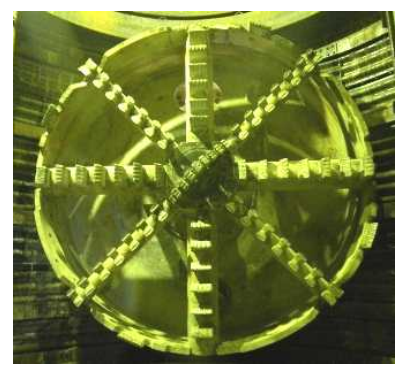


写真-5 到達時のカッターヘッド

48mm(摩耗係数 0.080mm/km) 以下であった。これは全線が風化花崗岩の掘進において気泡のベアリング効果による摩耗低減が図れたものと考察する。

3. 2 自然消泡性の実証試験 本掘進の 253～261 リング(発泡倍率 4 倍, 気泡混合率 40%)において, 起泡剤環境 8 号(濃度 0.8%)と従来の特殊起泡剤(濃度 3.0%)を用いて, 掘進後の掘削土内の空気間隙率を経時的に測定し自然消泡性を比較した。これは地山が飽和土(間隙が全て水の状態)と想定し, それに気泡を混合して掘削した不飽和土(間隙に空気【気泡】が含まれている状態)の空気間隙率を算出するもので空気間隙率を掘削土中の気泡の残量(消泡状況)として考察した。

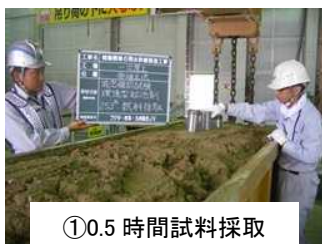
試験方法は, 掘進後, 立坑上に搬出された鋼車内の掘削土をバケツに取り分けて放置し, 所定の時間(掘進後 0.5・1.5・2.5・3.5 時間)が経過したところで鋼製のライナーサンプラー (D/H=75mm/150mm) を貫入させてサンプリングし, 土試料の重量と含水比から空気間隙率を算出した。空気間隙率 v_a (%)は, 水の密度 ρ_w を 1.0 とすれば式(1)で求められる。試験状況と結果を写真-6, 図-1 に示す。

$$v_a(\%) = 100 - \rho_d \times (100 / \rho_s + w) \cdots (式1)$$

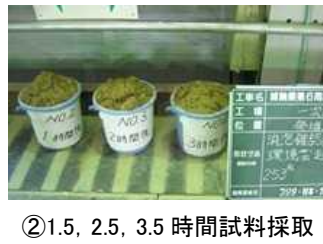
ρ_s : 土粒子の密度 (g/cm^3)

ρ_d : 現場で測定した乾燥密度 (g/cm^3)

w : 含水比 (%)



①0.5 時間試料採取



②1.5, 2.5, 3.5 時間試料採取



③試料の脱型



④含水比測定

写真-6 自然消泡性の実証試験状況

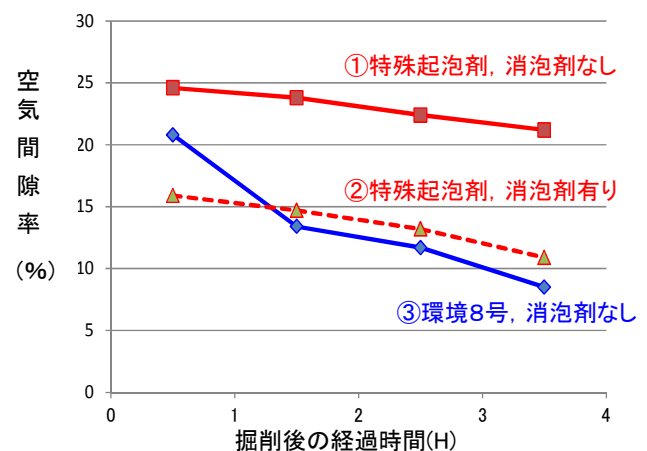


図-1 自然消泡性の実証試験結果

特殊起泡剤の空気間隙率は, 掘削後 0.5 時間の 24.6%から 3.5 時間の 21.2%へ 3.4 ポイント減少であるのに対し, 環境 8 号は掘削後 0.5 時間の 20.8%から 3.5 時間の 8.5%へ 12.3 ポイントの減少が可能で, 3 時間で 10 ポイント以上減少し, 特殊起泡剤に対して 3.6 倍 (12.3/3.4) の高い自然消泡性が確認できた。

4. まとめ

今回実施工において, 起泡剤環境 8 号の掘進中の掘削土塑性流動化, 止水性, ビット摩耗低減効果とともに掘進後の高い自然消泡性を確認した。起泡剤環境 8 号は, 魚毒性・生分解性についても特殊起泡剤以上の有効性を試験で確認しており, 今後様々な土質や処理条件での実施工において環境負荷低減を推進する予定である。

参考文献

- 1) 土木学会西部支部 技術発表会: 新起泡剤・消泡剤を用いた環境負荷低減の気泡シールド施工, 平成 25 年 11 月
- 2) 京浜ソイル株式会社: 環境対応型起泡剤環境 8 号パンフレット, 平成 25 年 6 月