気泡シールド工法

Rheological Foam Shield Tunneling Method

気泡があらゆる地盤を制御します

工法の概要

気泡シールド工法は、切羽あるいはチャンバ内に特殊起泡材でつくられた気泡を注入しながら掘進する工法で、注入される微細なシェービングクリーム状の気泡が掘削土の流動性と止水性を向上させるとともに、チャンバ内での掘削土の付着が防止できるため、切羽の安定を保持しながらスムーズな掘進ができます。しかも、排出後の気泡土は消泡され気泡注入前の土砂に戻るため運搬・処理も容易となり、経済性にも優れた工法です。

工法の特徴

付着防止に有効です。

硬質粘土地盤の場合は、掘削土のシールド面板、チャンバ内面への付着が防止されるため掘削が容易です。

掘削土の流動性を高めます。

砂礫地盤の場合は、気泡のベアリング効果によって掘削土の流動性が高まるので、チャンバ内の閉塞がなくなりカッタやスクリューコンベアトルクも軽減されるため、スムーズな掘削ができます。

掘削土の止水性を高めます。

土粒子の間隙に存在する地下水が微細な気泡と置換されることで掘削土の止水性が向上し、地下水位の高い砂質地盤での掘削も容易となり、スクリューコンベアからの噴発が防止できます。

切羽圧の変動を少なくします。

気泡には圧縮性があるため切羽圧の変動が少なく、切羽を乱さないスムーズな掘進が可能です。

残土処理・処分が容易です。

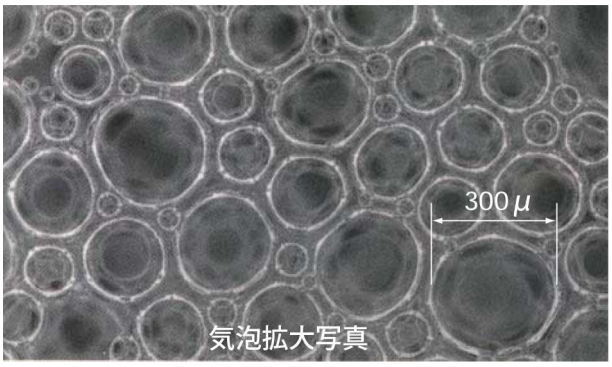
排出土が地山の土砂に近い性状に復元するため残土処理・処分が容易です。

作業環境が向上します。

粘土やベントナイトを使用しないため坑内を汚さず、作業環境が著しく向上します。

設備が小規模で済みます。

注入設備や気泡作成設備が小規模で済みます。



気泡拡大写真

施工システム

■起泡材作成設備

起泡材作成設備は、添加剤散布装置、起泡材溶解槽、同貯留槽、坑内圧送ポンプおよび材料のストックヤードから成ります。なお、特殊起泡材Aタイプの場合、添加剤散布装置は必要としません。

■気泡注入制御設備

気泡注入制御装置は、シールドの掘進速度、チャンバ内圧力(切羽土圧)、カッタトルクなどをリアルタイムで検知し、任意に設定した気泡混合率やチャンバ内発泡倍率が常に維持できるよう、特殊起泡材や圧縮性流体である加圧空気の流量をコンピュータにより自動制御するものです。

■気泡注入設備

気泡注入設備は、起泡材注入ポンプ、コンプレッサ、気泡制御装置、発泡装置から成る設備です。加圧されたエアと坑内に移送された特殊起泡材は、発泡装置によりシェービングクリーム状の気泡となり、切羽あるいはチャンバ内に注入されます。

■消泡設備

散布方式や散布位置は排土方式によって異なりますが、排土量に応じて散布量は自動制御されます。

気泡土の性状

流動性向上

気泡土のスランプ試験

排土処理容易

排出土のスランプ試験

使用材料

特殊起泡剤
OK－1
気泡土作成用に調整した界面活性剤で発泡性に優れています。

起泡添加剤
OK－2
気泡を安定強化する添加剤で、その水溶液は潤滑性、保水性に優れています。

起泡添加剤
OK－3
OK-1 の粘性効果を向上させる天然植物性有機ポリマーです。

無公害の材料です

起泡添加剤
OK－S
OK-3の変質防止剤に使用する有機窒素化合物です。

特殊消泡剤
OK－01
気泡土中の気泡を速やかに破泡する各種界面活性剤の混合物です。

消泡添加剤
OK－02,OK－03
特殊消泡材の破泡効果を高めるために添加する加水分解酵素です。

●特殊起泡材

			Aタイプ	Bタイプ	Cタイプ
標準配合	A液 ($1m^3$)	OK－1	30L	10L	10L
		OK－2	－	12kg	－
		OK－3	－	－	6kg
		OK－S	－	－	2L
		水	970L	978L	985L
	B液※ ($1m^3$)	OK－G	－	－	100L
		水	－	－	900L
特性		pH	7.6	7.3	8.7
		比重	1.00	1.00	1.00
		粘性(20℃)	2.7mPa・s	300mPa・s	10,000mPa・s

※A液の発泡後の体積に応じ、B 液を 3～4%添加する。

●特殊消泡材(1 m^3)

	Aタイプ・Bタイプ		Cタイプ	
標準配合	OK－01	100L	OK－01	100L
	OK－02	2kg	OK－03	2L
	水	898L	水	898L
特性	pH	6.4	pH	7.0
	比重	0.99	比重	1.00
	粘性(20℃)	2.5mPa・s	粘性(20℃)	1.0mPa・s

気泡混合率　気泡混合率(気泡体積／掘削土砂体積)は土質に応じて定めます。

■気泡混合率算定式

$Q(\%) = \alpha / 2\{(60-4\times X^{0.8})+(80-3.3\times Y^{0.8})+(90-2.7\times Z^{0.8})\}$

Q＜20%の場合はQ=20%とする。

ここで、

X:0.075 ㎜粒径通過量百分率 4 × $X^{0.8}$＞ 60 の場合 60 とする。

Y:0.42 〃 3.3 × $Y^{0.8}$＞ 80 の場合 80 とする。

Z:2.0 〃 2.7 × $Z^{0.8}$＞ 90 の場合 90 とする。

α :均等係数Uc による係数

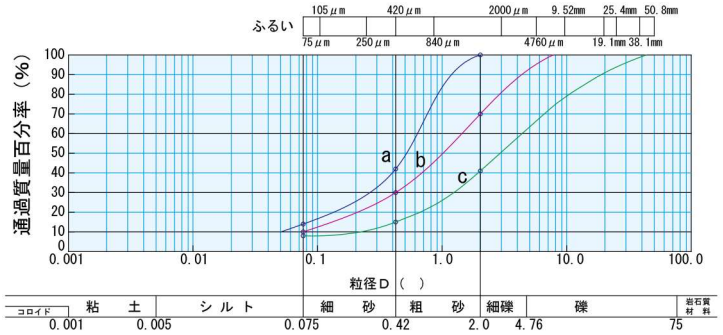
Uc ＜4 のとき α = 1.6

4≦Uc ＜15 〃 α = 1.2

15≦Uc 〃 α = 1.0

※ただし、付着防止を目的とする場合はQ=30%を標準とします。

■土質と気泡混合率の例



気泡混合率

土 質	a	b	c
気泡混合率	24%	37%	65%

使用量の算定

■特殊起泡材

（上記 a の土質…Q=24%の例）※チャンバ内圧力:0.08 MPa

A タイプ		
	特殊起泡剤	0.9ℓ
	水	29.1ℓ

→ 特殊起泡材 30ℓ （240ℓ × 1/8）

→ エ ア 378Nℓ （240ℓ × 7/8 × (0.1+0.08)/0.1）

→ 気 泡（チャンバ内） 240ℓ （1000ℓ × 0.24）

（上記 b の土質…Q=37%の例）※チャンバ内圧力:0.12MPa

発泡倍率(気泡体積／特殊起泡材体積):6倍の場合

B タイプ		
	特殊起泡剤	0.62ℓ
	起泡添加剤	0.74kg
	水	60.34ℓ

→ 特殊起泡材 61.7ℓ （370ℓ × 1/6）

→ エ ア 678.3Nℓ （370ℓ × 5/6 × (0.1+0.12)/0.1）

→ 気 泡（チャンバ内） 370ℓ （1000ℓ × 0.37）

■特殊消泡材

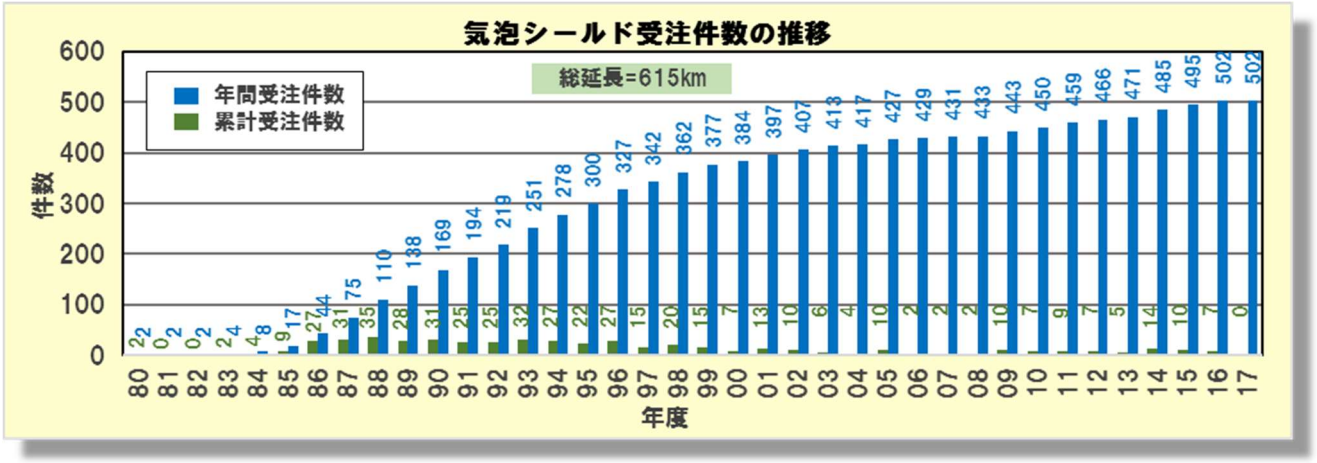
発泡倍率(気泡体積／特殊起泡材体積):8倍の場合

特殊消泡剤	0.62ℓ
消泡添加剤	12.3g
水	5.54ℓ

→ 特殊消泡材 6.17ℓ

※特殊消泡材を使用する場合

工法の実績



■長距離掘進施工実績

気泡シールド工法の実績より抜粋。

No.	工事名称	施工場所	発注者	施工延長(m)	シールド外径(m)	工期
1	中央環状品川線シールドトンネル(北行)工事	東京	首都高速道路(株)	8,030.0	φ12.55	H19.2～H25.2
2	中央環状品川線シールドトンネル-2	東京	東京都建設局	7,966.7	φ12.53	H20.6～H23.10
3	横浜環状北線シールドトンネル工事	神奈川	首都高速道路(株)	外回り 5,507.0 内回り 5,503.0	外回り φ12.49 内回り φ12.49	H20.6～H29.7
4	姫路･岡山ライン非開削工事【岡山県側その2】	岡山	大阪ガス(株)	4,442.6	φ2.27	H22.7～H25.12
5	近畿幹線姫路ライン飾磨シールド工事	兵庫	大阪ガス(株)	4,125.7	φ2,64	H12.3～H15.7

■大断面施工実績

気泡シールド工法の実績より抜粋。

No.	工事名称	施工場所	発注者	施工延長(m)	シールド外径(m)	工期
1	中央環状品川線シールドトンネル(北行)工事	東京	首都高速道路(株)	8,030.0	φ12.55	H19.2～H25.2
2	中央環状品川線シールドトンネル-2	東京	東京都建設局	7,966.7	φ12.53	H20.6～H23.10
3	横浜環状北線シールドトンネル工事	神奈川	首都高速道路(株)	外回り 5,507.0 内回り 5,503.0	外回り φ12.49 内回り φ12.49	H20.6～H29.7
4	大和川線シールドトンネル工事	大阪	阪神高速道路(株)	4,023.0	φ12.47	H20.2～H29.3
5	357号東京港トンネル工事	東京	国土交通省 関東地方整備局	1,470.0	φ12.20	H22.12～H26.3

実施権保有会社一覧表

特許の期限切れのため、現在実施権保有会社はございません。

シールド工法技術協会
URL:http://www.shield-method.gr.jp