

## III-403 気泡シールド工法の実用化について

(株)熊谷組 正員 河村 良之  
津浦 謙一  
正員 北原 陽一

## 1. まえがき

気泡シールド工法は、加泥材の代わりにシェービングクリーム状の強化気泡を注入して掘削し、更に、排出された土砂中の気泡を消泡することによって、掘削土を気泡注入前の地山に近い状態に戻す新しい土圧シールド工法である。本文は、泥土圧シールド工法により実施していた現場で行った実験施工と、発進時から本工法を使用した施工実績について紹介する。

## 2. 工事概要

実験施工と実施工の現場の工事概要を表1に示す。なお、写真1は注入気泡、写真2は実施工で使用した本工法の設備一式である。

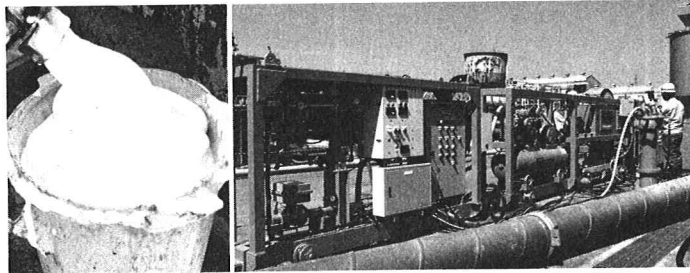


写真1 注入気泡

写真2 気泡シールド工法設備

表1 工事概要

|      | 単位     | 実験施工                                     | 実施工                                      |
|------|--------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 施工場所 |        | 近江八幡市                                    | 枚方市                                      |
| 施工時期 |        | 59.6~59.7                                | 59.10~60.3                               |
| 掘削外径 | mm     | φ2680                                    | φ2880                                    |
| 工事延長 | m      | 1190                                     | 960                                      |
| シールド |        | 泥土加圧式                                    | 削土密肉式                                    |
| 土質   |        | 砂礫層                                      | 砂礫層と粘土の混合層                               |
| 平均粒径 | %      | 51                                       | 65                                       |
| 砂    | %      | 41                                       | 26                                       |
| 粘土   | %      | 8                                        | 9                                        |
| N値   |        | 30~40                                    | 50                                       |
| 最大礫径 | mm     | φ150                                     | φ250                                     |
| 土被   | m      | 11~13                                    | 12~13                                    |
| 地下水位 | m      | GL-1~-3                                  | GL-2~-5                                  |
| 透水係数 | cm/sec | $1 \times 10^{-2} \sim 1 \times 10^{-3}$ | $3 \times 10^{-2} \sim 3 \times 10^{-3}$ |

表2 実験施工での注入材配合実績表

|                           | 加泥材         | 起泡材      | 消泡材      |
|---------------------------|-------------|----------|----------|
| 1m <sup>3</sup> 当り        | ベントナイト 50kg | 起泡剤 10kg | 消泡剤 100g |
| 配合                        | 粘土 480kg    | 添加剤 20kg | 添加剤 2kg  |
|                           | 水 788ℓ      | 水 970ℓ   | 水 898ℓ   |
| 比重                        | 1.30        | 1.00     | 1.00     |
| 粘性                        | 3000 c.p.   | 200 c.p. | 2.5 c.p. |
| 掘削1m <sup>3</sup> 当り材料使用量 | 180ℓ        | 42ℓ      | 3.8ℓ     |
| 発泡倍率                      | —           | 6.5倍     | —        |
| 掘削1m <sup>3</sup> 当り注入量   | 180ℓ        | 270ℓ     | 3.8ℓ     |

## 3. 実験施工の結果と考察

実験は、加泥注入75リング、気泡注入59リングを実施した。実験区間の注入材の配合と注入実績を表2に示す。起泡材の注入量は加泥材の約1/4の42ℓ、平均発泡倍率が6.5倍であるため気泡注入量は加泥材の1.5倍になっている。また、消泡材は平均3.8ℓ、起泡材の約10%の散布量であった。

代表的な8項目のデータの平均値を表3に示す。図1はチャンバ内土圧のヒストグラムで、加泥注入の方が高い。これは、加泥注入が注入量の増大により擬似泥壁とチャンバ隔壁に囲まれた部分の間隙圧を上昇させるが、土圧を高く維持する方が地山を崩壊させないという安心感があるためと思われる。ところが気泡注入では、微細な気泡が地下水と置き換わり、ベアリング効果による流動性と気泡の土め付着作用による不透水性を高め、掘進を順調としているが、擬似泥壁のようなものは形成されないため、注入量を増してモチャンバ内圧が一定以上になると切羽前方へ透散し、必要以上の高土圧を発生させないと考えられる。

表3 測定結果の平均値

| 項目       | 単位                  | 加泥注入  | 気泡注入  |
|----------|---------------------|-------|-------|
| 掘進速度     | cm/min              | 3.29  | 2.98  |
| 土圧       | kgf/cm <sup>2</sup> | 1.801 | 1.540 |
| カッター圧    | kgf/cm <sup>2</sup> | 139.3 | 144.4 |
| S.C. 圧   | kgf/cm <sup>2</sup> | 102.3 | 52.6  |
| S.C. 回転数 | r.p.m               | 3.09  | 2.62  |
| ゲート開度    | cm                  | 16.8  | 11.3  |
| 推力       | tonf                | 236.2 | 206.3 |
| 掘削重量     | tonf/r              | 9.27  | 8.96  |
| 掘削土のγ    | cm                  | 4.11  | 6.54  |
| 消泡土のγ    | cm                  | —     | 0.88  |
| 含水比      | %                   | 10.72 | 9.09  |

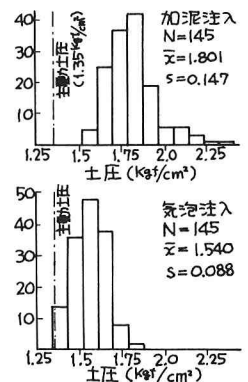


図1 土圧測定値のヒストグラム

したがって、気泡注入では土圧と注入量の関係が図2に示すよう極値を持った形となる。また、管理土圧は主働土圧+ $0.2 \text{ kg/cm}^2$  が適切と判断される。

模型実験では、カッター圧、S.C.圧が著しく減少する傾向があったが、実験施工ではS.C.圧のみに顕著にあらわれた。

また、排土砂の含水比は、地山の含水比が13%前後と想定されるため、気泡が地下水と置き換って排土されていることがわかる。

気泡注入後、排土される土砂のスランプは、平均6.5cm、消泡材散布後のスランプは1cm以下であった。写真3は、加泥注入と気泡注入（消泡後）による残土の搬出状況で、消泡の有効性がわかる。

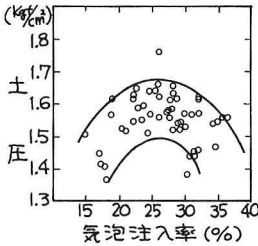


図2 気泡注入率と土圧の関係



写真3 ダンプへの積込状況

#### 4. 実施施工の結果と考察

実施施工では、発進時より本工法で施工されたため、他工法との比較ができないが、厳しくしかも変化の激しい土質で、かつ排土砂をパイプ輸送していたこともあり、途中で目詰

表4 起泡助材の配合と特性

| 1m³当り配合<br>材種使用量 | 特<br>性 | 比<br>重 | 粘<br>性 |
|------------------|--------|--------|--------|
| ベントナイト 50kg      |        |        |        |
| 粘土 240kg         |        | 1.17   | 30     |
| 水 884ℓ           |        |        | c.p.   |

め材として起泡助材を併用注入（B方式）した。結果的には最も厳しい区画（最大疎率83%）を気泡注入のみ（A方式）で施工したが、この両者について比較考察する。

図3は、排出土の粒度試験結果をまとめ、3ゾーンに分けたものである。また、起泡助材の配合を表4に示す。図4は代表的なデータを土質ゾーン別に区分して各区間の平均値を示したものである。

注入方式の違いによる効果の差は、図4に示す同一土質の差からB方式がA方式に比べ次のようなことがいえる。  
①気泡注入率が2/3に減少した。ただし、気泡+起泡助材の注入率は同等であった。  
②S.C.圧が2割低減した。  
③スランプ値が2倍に、含水比が4%増加し、パイプ輸送がスムーズになった。これらから起泡助材は目詰め材としての効果と、気泡を包み込み、より土砂と分離しにくい泡を作成する効果があったと判断される。なお、土圧やカッター圧には大きな差は認められず、気泡注入が有効であったと考えられる。

表5は、消泡材散布前後の排土砂のスランプ値を示したもので、実験施工時に比べ即時効果が大きい原因としては、パイプ輸送のため排土砂の表面積が小さく、散布後の消泡材の浸透が十分でなかったことが原因と考えられる。

（参考文献）1）津浦ほか：新しい土圧系シールド工法の開発、熊谷特報、37号、1985.7

2）原津ほか：

（402）、38号、1986.2

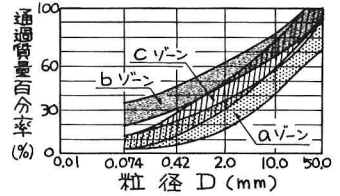


図3 土質分類

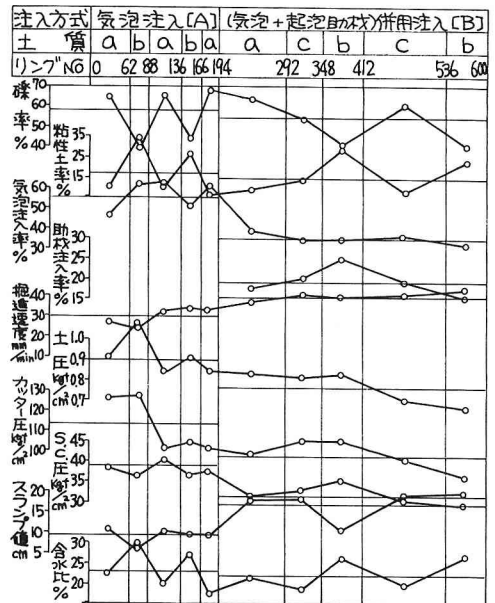


図4 各種データのゾーン別平均値

表5 消泡材散布前後のスランプ値 (cm)

| 注入方式 | 実験施工 | 実 施 工    |
|------|------|----------|
|      | A    | A B      |
| 気泡土  | 6.5  | 9.6 17.2 |
| 消泡土  | 0.9  | 3.2 8.5  |