

III-26

高吸水シールド工法の開発とその適用例

大林組技術研究所 正員 羽生田 吉 也
 大林組技術研究所 正員 藤 原 紀 夫

1. ま え が き

土圧系シールドの施工時に、高吸水性樹脂を主体とする樹脂を吸水させてゲル状にした添加材を、土圧室で掘削土に加えつつ掘進する方法がある¹⁾。この際、ゲルを発泡して使うと切羽安定保持に効果的であることを模型実験からすでに述べた²⁾。これを高吸水シールド工法と称し³⁾、これまでに数現場で実験的に適用してきた。いづれも、滞水砂礫土砂を対象としたが、気泡シールドと同様に⁴⁾順調な掘進が実施でき、更に、掘削土のポンプ圧送では、延長1500mの配管において、砂も比較的スムーズに輸送している。

この報文は、高吸水シールド工法の特長、施工方法を要約し、最近の適用例を紹介したものである。

2. 高吸水シールド工法

2.1. 工法概要

高吸水シールド工法は、図-1 の概念図に示すように、土圧系シールドの切羽ないしチャンバ内に、吸水性樹脂のゲル状の起泡材を低発泡で作成した気泡を、注入しながら掘進するもので、掘削土の輸送もポンプ圧送が可能ようにしている工法である。

シールド掘進においては、掘削土の流動性と止水性を向上して、土砂の付着防止も可能なため、粘性土から砂礫地盤までを対象に、切羽安定を保持しつつ、機械負荷の軽減を図りながらスムーズな施工ができる。

また、掘削土の輸送では、従来の気泡に較べて低発泡であるため、気泡混合土の圧縮性は小さく、エアークッション現象の発生が稀であり、細粒分の少ない砂礫土でもポンプ圧送ができる^{5)、6)}。排出土中のゲルないし気泡の分解は、主に、金属塩を主成分とした特殊分解材の添加で可能で、気泡注入前の土砂に戻す事ができる。また、紫外線、土中のバクテリア、金属イオンなどで吸水性樹脂が自然に分解されるため、土砂の処理も比較的容易となる。

2.2. 施工方法

1) 施工と適用材料のフロー

図-2 に高吸水シールドの施工と適用材料のフロー例を示す。気泡の注入量を地山1m³ 当り370L（気泡混合率37%）とした場合の、適用材料の数量関係を示している。発泡倍率1.5 倍で、チャンバ内の圧力を1.2kgf/cm²とした。

2) 材料と適用方法

(a) 吸水性樹脂とゲル状の溶液の作成 吸水性樹脂は石油を原料とする高吸水性樹脂と植物性の吸水性樹脂との複合材料で、通常、白色粉体である。これに水を加え攪拌して、半透明なゲルを作成する。この濃度は、重量比バ

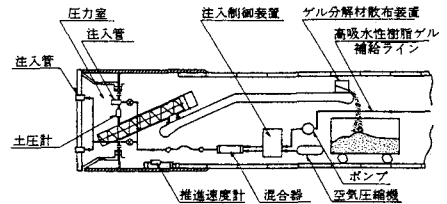


図-1 高吸水シールド工法の概念図

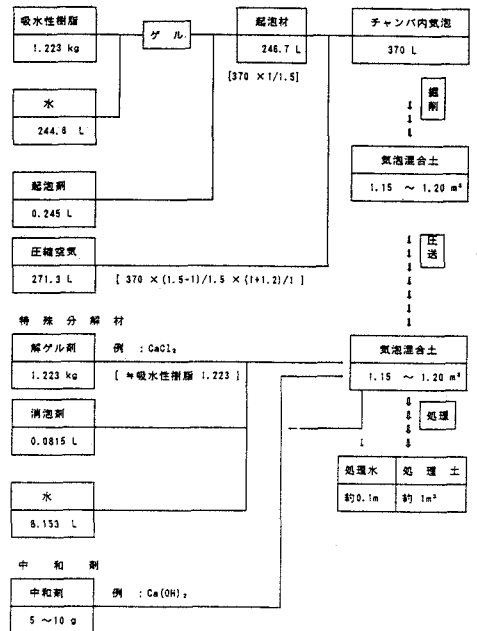


図-2 適用材料のフロー

ーセント表示で0.5～0.8%程度である。なお、樹脂は数種類あり、地下水や土質に適合したものを、予備試験などから選択する。

(b) 起泡沫材の作成 ゲル状の溶液に起泡沫剤を少量加えて起泡沫材を作る。起泡沫材の攪拌は数分程度に留める。長時間行なうと、ゲルが壊れたり、泡立って坑内へ供給できないことがある。また、起泡沫材は、通常、3～4^φ配管を用いて、坑内の切羽近くの溶液槽までポンプで輸送される。

(c) 気泡と気泡混合土の形成 切羽の注入制御装置でゲル状の起泡沫材と圧縮空気の適量を混合器に送り約1.0～1.5倍に発泡して気泡を作る。この気泡は、シールド機チャンバ内に注入して、掘削土砂に混合され気泡混合土が形成される。

(d) 特殊分解材 水に溶解しやすいCaCl₂を主材に用いるもので、これをズリトロ直上で掘削土の落ちる前に噴霧する。ポンプ圧送する場合には、坑外の土砂ホッパ上部で、配管の土砂出口で特殊分解材を加える。

表-1 高吸水シールドの適用実績

3. 適用例

表-1に、3現場での適用例を示す。

1) 施工例A 高吸水性樹脂を単体で用いた例で、掘進は気泡シールド様の特長が発揮され、順調であった。途中、地下水に海水が混入して樹脂が分解し、砂の圧送は困難になる。植物性樹脂を添加して施工。

2) 施工例B 滞水礫層が対象である。初期掘進の10ringを試験的に施工した。50mm以上の礫は300～400kg/ringあり、圧送と別に、これらをズリトロで搬出した。

3) 施工例C 30%、20%と急勾配の区間があり、延長も長いことで安全上の配慮から、掘削土の坑外搬出はピストン式ポンプによった。細砂が主であったがポンプ圧送はトラブル無く、最後まで順調に施工でき貫通した。なお、一部に急曲線施工で葉入区間があり、この影響で混合土砂が分離沈澱しやすい不安定な状態になった。このため、改良型のアラソープS-100Pを添加している。また、実延長1500mは、主ポンプ2台をシリーズで用いて行なった。

適用現場記号	A	B	C	
シールド外径 [mm]	3080	1940	3690	
掘削延長 [m]	785.5	973	1355.5	
土質	熟田層の洪積砂層 粘性土層 N=2～25	沖積礫層 細粒分≦10% 砂礫50mm≧12%	細砂層 細粒分6～7%	
土被り [m]	15.5～20	5 ≦	8.3～14.5	
発泡倍率/混合率	1.5～2/15～64	1.5 / 40～44%	1.1～1.5/40%	
ポンプ 圧送	配管 径×長さ	8 ^φ ×450m 中間立坑で盛変え	8 ^φ ×40m	6 ^φ ×70m 10 ^φ ×(750+750m)
	適用ポンプ	7 ^φ MKOS 1405 1台	2 ^φ NSP 8520 1台	MKOS 706/E 1台 BSA 1406 E 2台

4. まとめ

高吸水シールド工法の特長をまとめると次のようになる。

- (1) 砂質地盤で、気泡のベアリング効果とゲルのグリースの効果による掘削土の流動性向上
- (2) 硬質粘土地盤施工時のカッターフェイスやチャンバ内壁への土砂付着防止
- (3) カッタ・スクリュウコンパトルクが軽減による順調な掘進可能
- (4) 掘削土の取込みと排土量の不均衡は気泡の圧縮性で吸収、切羽圧の変動微小、切羽攪乱せずに掘進可
- (5) 滞水砂礫地盤の土粒子間隙を気泡で浸透・置換、掘削土の止水性向上と高被圧水に因る噴発回避
- (6) 低発泡の気泡による細粒分添加効果、砂でも長距離ポンプ圧送容易
- (7) 細粒分の少ない砂礫の処理後は、特に地山状態に戻す事が出来るなど土砂の処理・処分は容易
- (8) 粘土・ベントナイトなど泥土は不要、坑内外の汚れなく作業環境は良好
- (9) 発泡使用により材料の削減ができ、作成・注入設備も比較的小規模

参考文献

- 1) 羽生田, 藤原, 太田, 田中, 山下功: トンネル工事における高吸水性樹脂利用に関する実験的研究, 大林組技術研究所報, No. 31, (1985), pp. 141～145
- 2) 羽生田, 藤原: 土圧系シールドへの高吸水性樹脂適用方法についての実験的研究, 土木学会第43回年次学術講演会概要集Ⅲ (1988), pp. 910～911
- 3) 羽生田, 藤原: 高吸水シールド工法の開発 (その1), 大林組技術研究所報 No. 37, (1988), pp. 21～25
- 4) 羽生田, 藤原他: 下水道工事への気泡シールド工法の適用, 大林組技術研究所報, No. 32, (1986), pp. 62～66
- 5) 羽生田, 藤原: 気泡シールド工法におけるレキ混り掘削土のポンプ圧送実験, 土木学会第41回年次学術講演会概要集Ⅲ (1986), pp. 819～820
- 6) 羽生田, 藤原: 掘削土のポンプ圧送と輸送可能距離の推定方法に関する実験的研究, 土木学会第44回年次学術講演会概要集Ⅲ (1989), pp. 819～820