

32. 同時注入冷却システム

佐藤工業(株)：*出村 肇, 谷口 和之
(株)立花マテリアル：石井 三郎

1. はじめに

シールド工事では、シールドテール部の地山を早期に安定させるために、同時裏込め注入作業が一般的に行われている。同時裏込め注入は、テール部スキムプレート外側に装備された同時裏込め注入管を用いてシールド掘進と同時に行う場合、掘進終了ごとに注入管内の洗浄排出作業が必要となっている。

同時注入冷却システムは、注入材の温度を低温に保つことにより強度発現速度を低下させかつ注入管への付着力を低下させて、洗浄排出作業を大幅に削減するために開発したシステムである。

本報では、同時注入冷却システムの概要と確認試験および特徴等について報告する。

2. システム概要

2. 1 システムの構成

同時注入冷却システムは、同時裏込め注入管と裏込め注入プラントおよび冷却装置から構成される。

図-1に、そのシステムの構成と同時裏込め注入管断面図を示す。

注入材を冷却するブライン（冷媒）は、次に示す経路で循環する。

- ①ブライントタンク→②ブライン循環ポンプ→③冷却ユニット→④配管→⑤同時裏込め注入管→⑥配管→①ブライントタンク

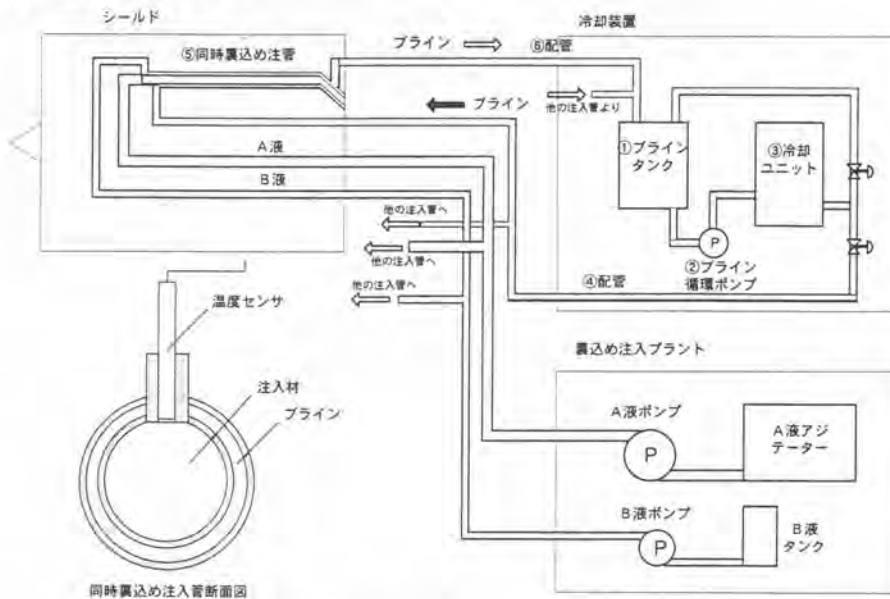


図-1 システムの構成と同時裏込め注入管断面図

また、同時裏込め注入作業を行っている間、バルブの切換えによりブラインは冷却ユニットとブライントタンクを循環して低温に保たれる。

2. 2 同時裏込め注入管

同時裏込め注入管は基本的に従来と同様な機能を持つが、注入管を二重管構造とした。注入管は、内管に注入材、内管と外管の間にブラインが通過できる構造で、注入材の温度を測定するセンサを装備している。このセンサにより、同時裏込め注入作業を停止している間、管内の注入材を一定の冷温に保つようにブラインの流れを制御している。同時注入冷却システムに使用する同時裏込め注入管を図-2に示す。

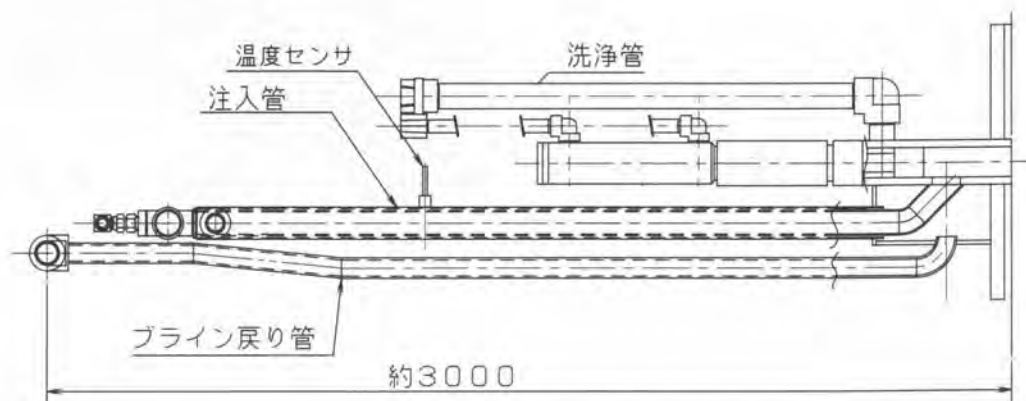


図-2 同時裏込め注入管

2. 3 冷却装置

冷却装置は、同時裏込め注入管2本を同時に冷却できる程度の能力を持っており、注入材を冷却するブラインを貯めておくブライントタンクと、ブライン循環ポンプおよびブラインを冷却する冷却ユニットから構成される。表-1に冷却装置の仕様、写真-1に冷却装置を示す。

表-1 冷却装置の仕様

項目	仕様
寸法	W1,000mm×D2,000mm×H1,420mm
温度制御範囲	-10℃～50℃
冷却ユニットの能力	4,800W (5,600kcal/h)
ブライントタンク	100ℓ
ブライン循環ポンプ	100ℓ/min
電動ボールバルブ	32A
温度センサ	シース形熱電対



写真-1 冷却装置

3. 確認試験

3. 1 冷却保持後の注入材排出圧力の測定

同時注入管内の注入材は、冷却していても時間経過に伴って一軸圧縮強度や付着強度が増加する。そのため、どの程度の時間排出に支障無く、注入管内で冷却滞留保持が可能か確認するために冷却保持後の注入材排出圧力の測定を行った。図-3に冷却保持後の注入材排出圧力を示す。冷却保持時間が6時間でも排出は可能であり、最大排出圧力は、0.25MPaであった。また注入材排出後には管内に残留物は残らなかった。写真-2に6時間冷却後の注入材の排出状況を示す。

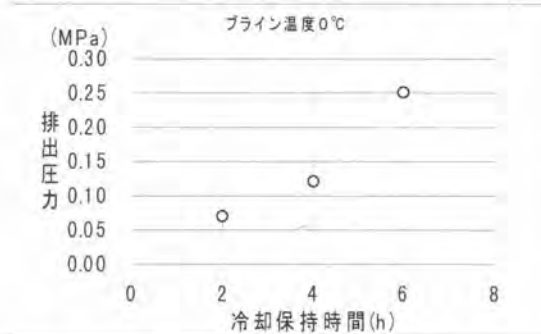


図-3 冷却保持後の注入材排出圧力



写真-2 6時間冷却後の注入材の排出状況

3. 2 冷却注入材養生後の一軸圧縮強度の測定

注入作業が休止している時間、同時注入管内で冷却されていた注入材は、次の注入作業再開にともなってテールボイドに押し出され、地山温度と同温度にまで上昇し、硬化する。地山を早期に安定させるために注入材に求められている特性が冷却により損なわれないことの確認のために、冷却注入材養生後の一軸圧縮強度の測定を行った。

表-2に、試験に使用した注入材の配合を示す。

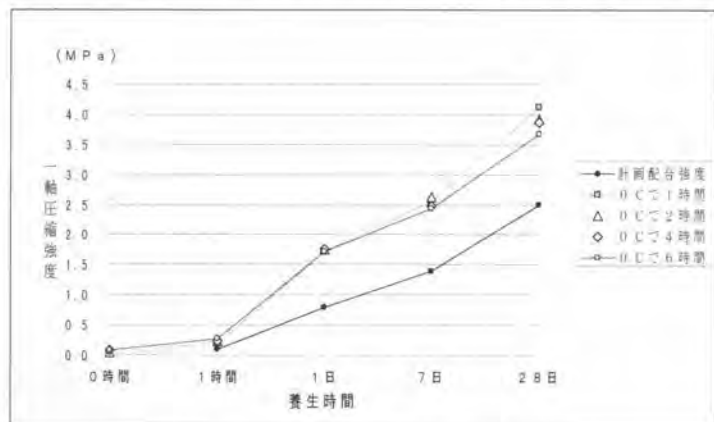


図-4 冷却注入材の一軸圧縮強度

表-2 注入材の配合 (1 m³当たり)

A 液				B 液
固化材	助材	安定剤	水	急硬剤
270kg	140kg	1.3kg	766ℓ	91ℓ

図-4に、ブライン温度を0℃に設定して注入材を冷却した場合の注入材の一軸圧縮強度を示す。ブライン温度0℃で、注入材を6時間冷却保持した場合でも、一軸圧縮強度は計画配合強度を上回った。

4. 作業手順

本システムを用いる作業手順は次の通りである。

- ①シールド掘進と同時に注入ポンプを作動させて注入材をテールボイドに注入する。
(従来の方法と同様)
- ②シールド掘進終了時に裏込め注入ポンプを停止させて注入材の注入を終了する。
この状態で同時裏込め注入管の内部には注入材が充満している。
- ③バルブを切換えてブライントankに循環していたブラインを同時注入管に循環させ、注入管内の注入材温度を低下させる。
この温度は温度センサを用いて常時計測しており、そのデータによりポンプ運転を自動制御し、同時裏込め注入管内に充満している注入材を一定の冷温に保つ。
- ④次のシールド掘進が開始する直前にバルブを切換えて、ブラインをブライントankに循環させる。
- ⑤次に①の手順に戻り、シールド掘進と同時に注入ポンプを作動させると冷却されていた注入材は未硬化状態で、そのままシールドのテールボイドの中に押し出される。
押し出された注入材は、硬化を始める。

5. システムの特徴

同時注入冷却システムの特徴を以下に述べる。

- ①注入材の温度を0℃程度に冷却制御することにより、強度発現速度を低下させ、6～8時間程度同時裏込め注入管の閉塞を防止することができる。
- ②従来行っているリング毎の注入管の洗浄が不要であり、洗浄回数・洗浄水・注入材等が大幅に減少し省力化・コスト低減を図ることができる。
- ③注入管の洗浄排水処理に伴う産業廃棄物が従来のわずか5%と大幅に低減できる。
- ④冷却装置はコンパクトなユニットでシールドに容易に搭載でき、転用が可能である。
- ⑤万一不測の事態により注入管内で注入材が閉塞した場合でも、注入管内の注入材を凍結したのち解凍することにより、回収することができる。

6. おわりに

同時注入冷却システムを用いることにより、注入管内の注入材を冷却し強度発現を数時間効果的に抑制することで閉塞が防止され、裏込め注入作業の省力化とコストの低減を図ることができる。また、洗浄排水がほとんど発生しないため、排水処理に伴う産業廃棄物が従来のわずか5%と大幅に削減でき、環境に与える影響の改善に寄与できる。

今後、実工事に適用し、注入材の温度制御や運転管理方法など、さらに機能を高めていく所存である。