

## 高水圧下の凍結地盤内に注入可能な高性能裏込め注入材の開発 その1

## — 配合試験結果報告 —

戸田建設株式会社 正会員 ○中山 卓人  
 戸田建設株式会社 正会員 請川 誠  
 株式会社タック 正会員 瀧川 信二

## 1. はじめに

現在、首都圏では鉄道や道路、上下水道整備を目的としたシールド工事での大深度施工が増加している。大深度化に伴い高水圧下での施工となるため、発進到達防護工として凍結工法が採用される場合が多い。凍結地盤内に裏込め材が注入されると低温下での注入となるため、強度不足や裏込め材中の水分の凍結膨張によるひび割れなどが起こることが懸念される(写真-1)。そこで、裏込め材中に気泡を含むことで水分の凍結膨張による影響を抑制し、解凍後に必要強度を確保することができる新たな裏込め材を開発した。

本稿では、裏込め材の気泡として必要な空気量を決定するための配合試験の結果を報告する。

## 2. 試験概要

裏込め材としての必要な空気量を決定するため、空気量を変化させ練り混ぜ直後のフレッシュ性状の確認と各種凍結養生条件での一軸圧縮強度の確認を行った。

## 2.1 裏込め材の材料と配合

表-1 に本試験での裏込め材の配合を示す。本試験では必要空気量の確認のため、A 液体積に対して 5, 10, 15, 30, 45%の 5 種類の配合を設定した。

## 2.2 試験方法

## (1) フレッシュ性状の確認

表-2 にフレッシュ性状確認のための試験項目と目標値を示す。試験方法は、シールド可塑性状注入工法技術マニュアル<sup>1)</sup>に準拠した。

## (2) 各養生条件での一軸圧縮強度

表-3 に各試験水準を示す。裏込め材の注入条件として、

①裏込め材を注入、硬化後に凍結が行われる場合

②凍結地盤中に裏込め材を注入する場合

の 2 ケースが想定されるため、標準養生を含め 3 ケースの養生条件を設定した。目標強度として凍結期間を除き、合計 7 日間の標準養生後で  $1.0\text{N/mm}^2$  以上とした。

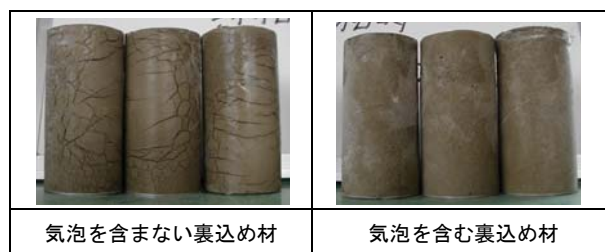


写真-1 凍結時の裏込め材の表面状況

表-1 本試験の裏込め材の配合

| 1m <sup>3</sup> 配合 | A 液 (910L)  |             |             |          |             |          |            |             | B 液 (90L) |
|--------------------|-------------|-------------|-------------|----------|-------------|----------|------------|-------------|-----------|
|                    | CB 液        |             |             | 気泡       |             |          |            |             |           |
| 空 気 量<br>(比重 A+B)  | 硬化剤<br>(kg) | 助 剤<br>(kg) | 安定剤<br>(kg) | 水<br>(L) | 起泡剤<br>(kg) | 水<br>(L) | 空 気<br>(L) | 比重<br>(A 液) | 塑性<br>調整剤 |
| 5%<br>(1.24)       | 350         | 20          | 3.5         | 737      | 0.10        | 5.0      | 46         | 1.23        | 90L       |
| 10%<br>(1.19)      |             |             |             | 687      | 0.20        | 9.9      | 91         | 1.18        |           |
| 15%<br>(1.15)      |             |             |             | 636      | 0.30        | 14.9     | 137        | 1.13        |           |
| 30%<br>(1.01)      |             |             |             | 485      | 0.61        | 29.7     | 273        | 0.98        |           |
| 45%<br>(0.87)      |             |             |             | 333      | 0.91        | 44.7     | 410        | 0.83        |           |

表-2 フレッシュ性状確認項目

| 試験項目    | 目標値            |
|---------|----------------|
| 比重      | 理論値±0.05       |
| フロー値    | 300±100 mm     |
| ゲルタイム   | 20 秒以内         |
| ブリージング率 | 24 時間経過後で 5%以下 |
| 空気量     | —              |

キーワード：シールド、裏込め材、凍結

連絡先 戸田建設(株) 土木工事技術部 東京都中央区京橋 1-7-1 TEL03-3535-1675 FAX03-3535-1524

### 3. 試験結果

#### 3.1 フレッシュ性状

表-4 に各空気量の裏込め材のフレッシュ性状確認結果を示す。空気量 15, 30% の場合ではすべての項目で目標値を満足する結果となったが、空気量 5, 10, 45% の場合ではフロー値またはブリージング率で目標値を超過する結果となった。とくに空気量が少ないほど水分量が多いため、フロー値が大きく、ブリージングしやすい傾向を示した。

#### 3.2 各養生条件での一軸圧縮強度

図-1 に各試験ケースでの一軸圧縮強度と空気量の関係を示す。

標準養生（ケース 1-1, 1-2）の場合、すべての空気量で目標値を満足する試験結果となった。また、空気量の増加に伴い一軸圧縮強度が低下する傾向を示した。

これは、空気量が多くなるほど裏込め材中の空隙が多くなり強度が低下するためと考えられる。

注入条件①（ケース 2-1, 2-2）の場合でも、標準養生と同様の傾向を示した。しかし、1-2 と 2-2 を比較すると、ともに標準養生期間の合計が 28 日であるのに 2-2 の方が強度が低い結果となった。これは凍結期間を挟むことで強度発現がゆるやかになるためであり、養生期間を延ばすことで最終的に 1-2 と同等の強度まで増加すると考えられる。

注入条件②（ケース 3-1, 3-2）の場合では、空気量が 5～15% の場合  $1.0\text{N/mm}^2$  以下の値となり目標値を満足する結果とならなかったが、空気量 30～45% では  $1.0\text{N/mm}^2$  以上の値となり目標値を満足する結果となった。また、空気量 30% で強度のピークを示した。写真-2 に示すように空気量が 5～15% の場合では供試体にひび割れが生じており、凍結膨張の影響が見られたが、空気量 30～45% の場合ではひび割れは見られず裏込め中の気泡により凍結膨張の影響が抑制されることが確認できた。

#### 4. まとめ

各種配合試験の結果、空気量を 30% 含むと練り混ぜ時に安定した性状を示し、ひび割れを防ぐなど耐凍結融解性を示す最適な空気量であることが確認できた。したがって、A 液体積に対し 30% の空気量を本裏込め材の必要空気量とする。次稿では、実機試験による本裏込め材の施工性について報告する。

【参考文献】1) シールド可塑状注入工法技術マニュアル（2008）：可塑状グラウト協会シールド注入部会。

表-3 本試験の試験水準

| 試験水準 | 養生方法                  | 設定空気量 (%) |    |    |    |    | 注入条件 |
|------|-----------------------|-----------|----|----|----|----|------|
| 1-1  | 標準養生 7 日              | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | —    |
| 1-2  | 標準養生 28 日             | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | —    |
| 2-1  | 標準 7 日→凍結 3 日→標準 7 日  | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | ①    |
| 2-2  | 標準 7 日→凍結 3 日→標準 28 日 | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | ①    |
| 3-1  | 凍結 3 日→標準 7 日         | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | ②    |
| 3-2  | 凍結 3 日→標準 28 日        | 5         | 10 | 15 | 30 | 45 | ②    |

※1) 標準養生は 20℃、凍結養生では -10℃ の設定温度とした。

※2) 凍結養生日数は、裏込め材の温度が -10℃ となる日数である 3 日とした。

表-4 フレッシュ性状確認結果

| 設定空気量 (%) | A 液             |              |                         |             |      | A+B 液        |
|-----------|-----------------|--------------|-------------------------|-------------|------|--------------|
|           | 比重<br>( ) 内は理論値 | フロー値<br>(mm) | 空気量<br>(%)<br>( ) 内は理論値 | ブリージング率 (%) |      | ゲルタイム<br>(秒) |
|           |                 |              |                         | 1hr         | 24hr |              |
| 5         | 1.23 (1.23)     | 420          | 5 (5)                   | 1.5         | 11.5 | 12.9         |
| 10        | 1.18 (1.18)     | 380          | 10 (10)                 | 0.5         | 8.2  | 13.6         |
| 15        | 1.13 (1.13)     | 350          | 15 (15)                 | 0.0         | 2.8  | 14.0         |
| 30        | 0.98 (0.98)     | 280          | 30 (30)                 | 0.0         | 0.0  | 15.0         |
| 45        | 0.83 (0.83)     | 180          | 45 (45)                 | 0.0         | 0.0  | 15.7         |
| 目標値       | 理論値±0.05        | 300±100      | —                       | —           | ≤5.0 | ≤20.0        |

※)   は目標値を満足した項目。

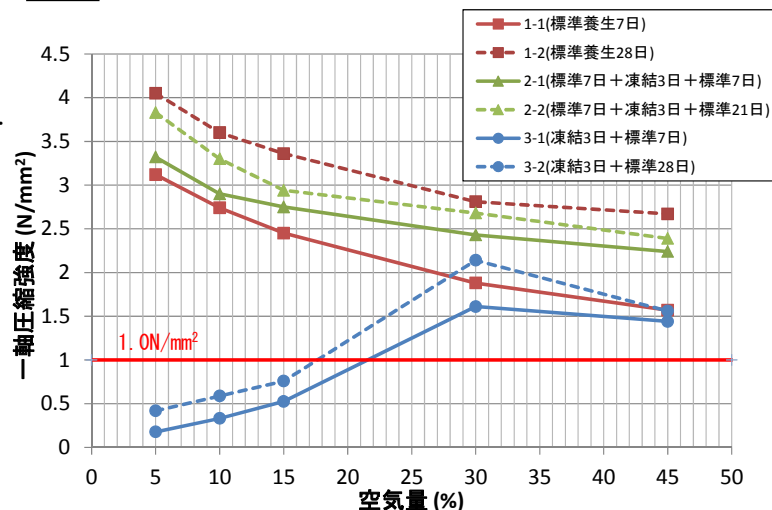


図-1 各養生条件での空気量と一軸圧縮強度との関係

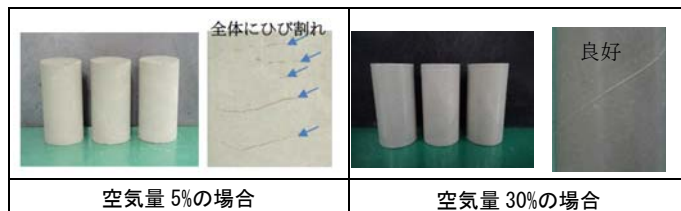


写真-2 試験ケース 3-1 での供試体表面