

## III-39

シールドトンネルの裏込め注入に関する研究  
（その1）－基礎実験－

（財）鉄道総合技術研究所 正会員 清水 満 ○岡野 法之  
（株）熊谷組 正会員 岡本 達也 梶原健次郎

## 1. はじめに

シールドトンネルのセグメントの挙動は、土圧や水圧等の外力の他に裏込め注入の影響を受けると考えられるが、そのメカニズムについては未だ解明されていない。そこで、シールドトンネルの設計における裏込め注入の評価方法の確立を目的に、大型土槽を用いた裏込め注入実験（大型実験）を行う。本実験は、これに先駆けて大型実験で使用する裏込め注入材料の材料特性の把握を目的に行った。

大きく分けて、物理特性、力学特性、注入装置特性について試験を行ったが、ここでは、力学特性試験について報告する。

## 2. 使用材料

実験に用いた裏込め注入材料は、A（セメント・エア系）、B（セメント・非エア系）、C（スラグ・非エア系）およびLWの二液型4種類とした。

## 3. 実験方法

力学特性試験は、強度発現試験、体積変化率試験および安定性試験を行った。

強度発現試験では、裏込め注入材の経時毎の強度発現性および弾性係数を把握することを目的に、標準配合で混練りした注入材で供試体（ $4\text{cm} \times 4\text{cm} \times 4\text{cm}$ ）を作成し、所定の材令における一軸圧縮強度を測定した。なお、養生方法は水中養生とし、養生温度は地中温度を想定し $15^\circ\text{C}$ とした。

体積変化率試験は、裏込めグラウトが、流動状固結→可塑状固結→固結と時間の経過と共に変化して硬化する過程の中で、加圧下で充填されるため、圧密現象的な体積変化（減少）が起こることを念頭に、圧密試験用モールドに注入材を入れ一定圧で加圧し、裏込めグラウトの体積変化率を測定した。体積変化率試験装置を図-1に示す。なお、上載荷重 $p$ は、1.0、2.0および3.0 $\text{kgf/cm}^2$ とした。

安定性試験は、裏込めグラウトの安定性を把握することを目的に、中性水（ $\text{pH} 7.0$ ）を養生水として数回取り替え、養生水取り替え時に $\text{pH}$ 測定を行った。養生水の調整は、水道水をそのまま用いた。なお、LWについては測定を行わなかった。

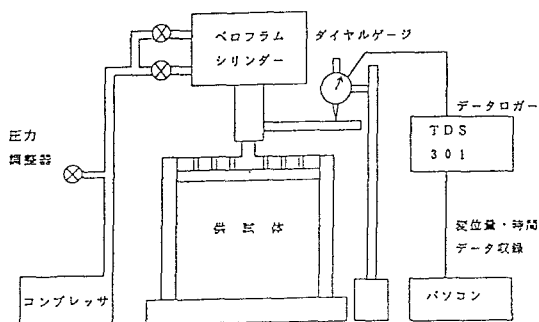
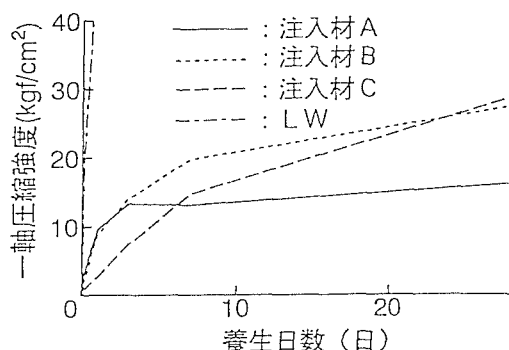


図-1 体積変化率試験装置

図-2 強度発現比較  
（一軸圧縮強度と養生日数の関係）

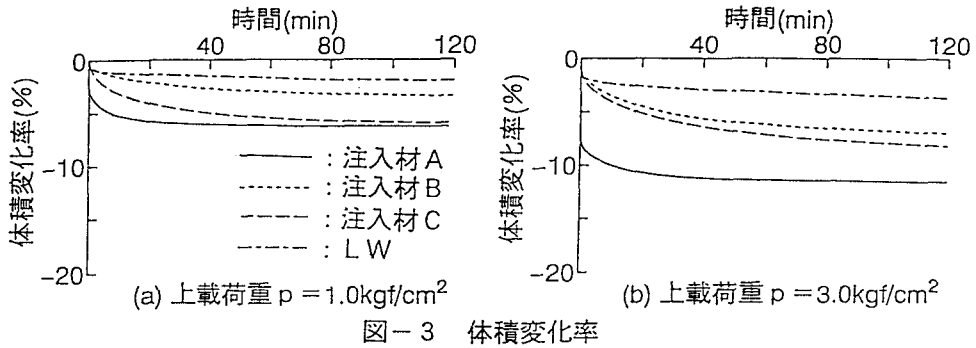


図-3 体積変化率

#### 4. 実験結果

##### <強度発現試験>

図-2に示した各裏込め注入材の発現強度比較をみると、以下のことがいえる。

- ①エア系（A）は、非エア系に比べてグラウト中に含まれる水量が少ないため、早期強度の発現性は優れているが、長期強度の発現性は劣る。
- ②主材の比較で、セメント系（B）とスラグ系（C）では、セメント系は早期強度が高いが、長期強度ではスラグ系が高い。
- ③固結型のLWは、強度発現が著しく高い。

##### <体積変化率試験>

図-3に示す体積変化率試験の試験結果をみると、以下のことがいえる。

- ①エア系（A）は、加圧と同時に空気量分（10～15%）が抜け、その後（約20分後）体積変化率は落ち着く。また、体積変化率は、上載荷重の増加により著しく増大する。
- ②セメント系（B）に比べスラグ系（C）の体積変化率は大きく、2時間後も変化が落ち着いていない。また、上載荷重の増加により体積変化率は増大するが、その増加量はセメント系（B）が約5.3%、スラグ系（C）が約2.3%である。
- ③固結型（LW）は、ゲル化後短時間で固結領域になるため、圧密減少は約2%と非常に小さい。

以上のように注入（加圧状態）時のグラウトは、加圧により体積減少を生じるが、その度合いは、裏込め注入材の種類によって大きく異なる。

##### <安定性試験>

養生水のpH（グラウトからのアルカリの溶脱）を図-4に示す。スラグ系（C）の安定性が比較的良く、その他の注入材に差異はみられない。また、どの注入材も1カ月程度の期間では安定状態に達していないようである。

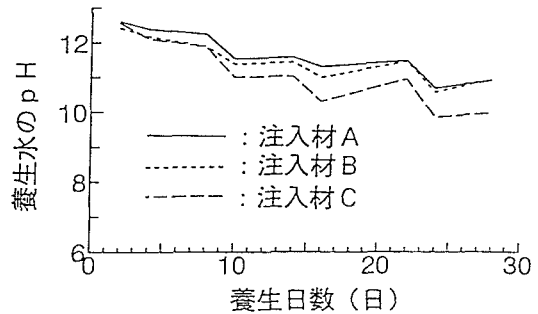


図-4 各注入材の安定性  
（養生水のpHと養生日数の関係）

#### 5. おわりに

裏込め注入は、シールド工事において、地山の緩みや沈下の防止等重要な役目を果たしているが、裏込め注入が覆工に与える影響、すなわち覆工と地盤の間に施工される裏込め注入材の力学的メカニズムは、未解明である。

今後、この研究により地盤中における裏込め注入とシールドトンネルの挙動との関連について、解明していきたいと考えている。