

日本電信電話公社 茨城電気通信研究所 ○正員 牧 春久
阿部 洋一

1. まえがき

電電公社では、小断面シールド工法におけるトンネルライニング施工法として、レジンモルタルの現場打設を検討中である。レジンモルタルはセメントコンクリートに比べ早期強度が得られるばかりでなく、添加剤の量を変えることにより硬化時間を5~60分程度の範囲で調整できる利点があり、完全自動化による高速施工を目的とする小断面シールド工法のトンネルライニング材として有望である。レジンモルタルをトンネルライニング材として使用するためには、レジンモルタルと硬化液(メチル・エチル・ケトンパーオキサイド)をトンネル内の混合打設機に一定の比率で送給し、ライニング型枠装置に打設する必要がある。これら二種類の材料のうち硬化液は、粘度が450 cp程度であるため、一般に使用されている定容量ポンプで送給可能であるが、本工法で使用するレジンモルタルは、粘度が約300~1300 poiseであり、通常アレキスト製品用材料として工場等で使用されているのみで実際にパイプ等で送給した例が見当らない。そのため、小断面シールド工法に必要なレジンモルタルの送給方法(目標値40 l/min)について、一般にセメントコンクリート等の送給に使用されているスクイーズポンプ方式と空気圧送方式(アレーサ方式)を選定し、実物大送給実験を行い、その適否について検討を行つたものである。

2. レジンモルタル自動ライニングシステムの概要

立坑内でかくはん混和されたレジンモルタルは、材料運搬車に積まれ、トンネル内に搬入される。レジンモルタルは連結部を通して混合打設機に送り込まれ、ここで硬化液と混合され型枠内に連続打設されライニングを形成する。

ライニング硬化後シールド機は、これに反力をとり脱型動作と掘進を同時に行う。その概要を図-1に示す。

3. 実験概要

送給実験は次の二つの段階に分けて行った。

(実験I) スクイーズポンプ方式および空気圧送方式によるレジンモルタルの送給能力および硬化液との混合性を調査する。(図-2参照)

(実験II) 水平配管系および垂直配管系でのレジンモルタルの送給特性を(送給圧力と送給量および圧力損失の関係)調査する。(図-3参照)

尚、スクイーズポンプは、K社のPCO5-40Mを、粘度測定には試作した回転粘度計(最大4000 poise)を、圧力測定にはアルドン管圧力計および圧力変換器を使用した。また、混合性については硬化状態を観察し判定した。

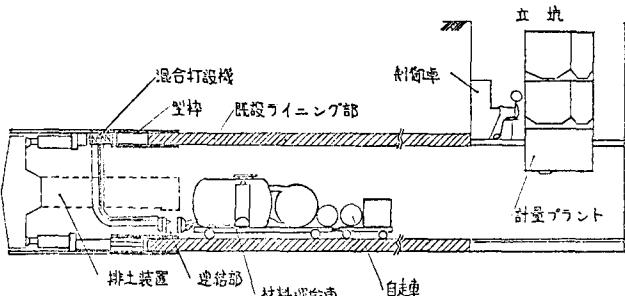


図-1 早強性材料自動ライニングシステム概念図

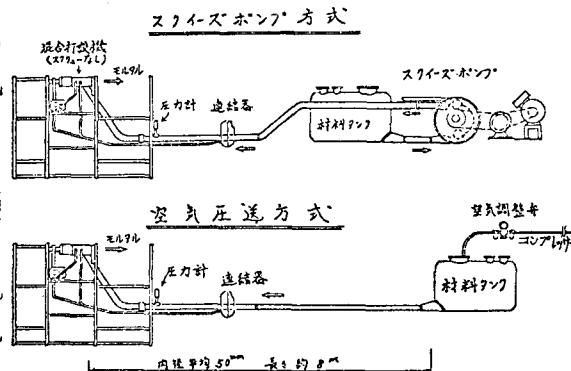


図-2 送給実験の配置(実験I)

4. 実験結果および考察

4.1 実験Iの結果および考察

スライズポンプ方式による結果を図-4に、空気圧送方式による結果を図-5に示す。

図-4、図-5および面方式により打設したリングの硬化状態より、次のことが明らかとなった。

(1) スライズポンプ方式では、中50Aの配管で300 pa/s程度のレジンモルタルの場合、送給量は40 l/minを満足するが、粘度が高くなるにつれて著しく送給量は減少し、送給圧は大きくなる。また、スライズポンプは脈動があるため、硬化液との混合上問題がある。(打設したリングに未硬化部およびクラックの発生が見られた。)

(2) 空気圧送方式の場合、中50A程度では目標送給量を満足しないが、脈動がないため硬化液との混合性は良好である。(打設したリングは一様に硬化し十分な強度を示した。)

上記の結果より、小断面シールド工法におけるレジンモルタルの送給方法としては、空気圧送方式の方が適していることが明らかとなった。

4.2 実験IIの結果および考察

実験IIによる送給圧力と各圧力損失との関係の一例を図-6に示す。

図-6より、次のことが明らかとなった。

(1) 各圧力損失は送給圧力あるいは平均流速に比例する。

(2) 小断面シールド工法のような約1m程度の垂直送給においては、平均流速が小さいため、垂直曲りと水平曲りおよび垂直と水平の各圧力損失は同程度と見なしうる。

次に、送給圧力と送給量および粘度との関係を図-7に示す。ここで、レジンモルタルはBingham体とみなされるため、Bingham体の管内流動における圧力と送給量の関係を示すBuckingham-Reinerの式(1)を用い、実験値と理論値の関係を求めてみた。(図-7参照)

$$Q = \frac{\pi \Delta P R^4}{8 l \eta_{pl}} \left[1 - \frac{4}{3} \left(\frac{2 f_l l}{R \Delta P} \right)^2 + \frac{1}{3} \left(\frac{2 f_l l}{R \cdot \Delta P} \right)^4 \right] \quad (1)$$

その結果、実験値 Q' と理論値 Q の比率はある一定値 α を示すことが分った。即ち、配管形状が決定されると、実送給量は $Q' = \alpha Q$ で推定することが可能であると考えられる。今回の実験では $\alpha_{av} = 0.79$ であった。

5. あとがき

今回までの実験によて、レジンモルタルの最適送給方法および送給特性の傾向が明らかとなった。今後は更に、送給圧力、粘度および送給量の関係を明確にしていく予定である。

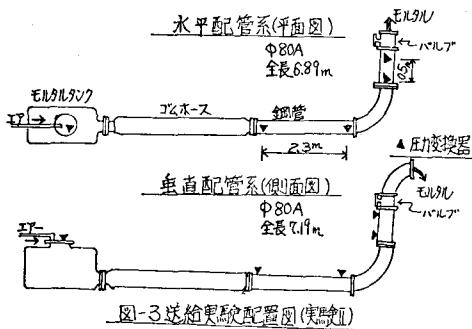


図-3 送給実験配管図(実験II)

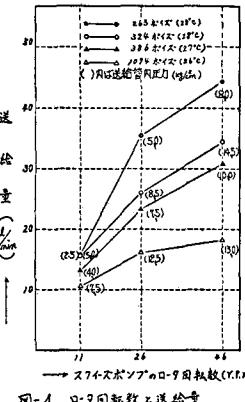


図-4 ロープ数と送給量

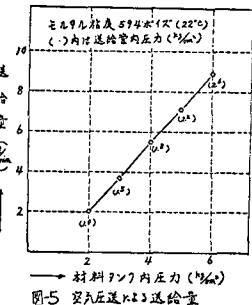


図-5 空気圧送による送給量

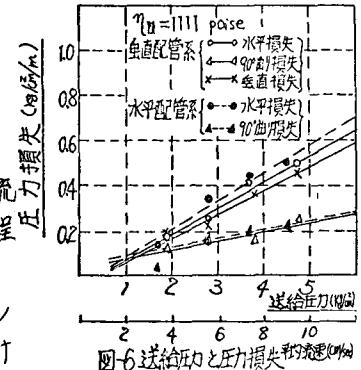


図-6 送給圧力と圧力損失率(流速割合)

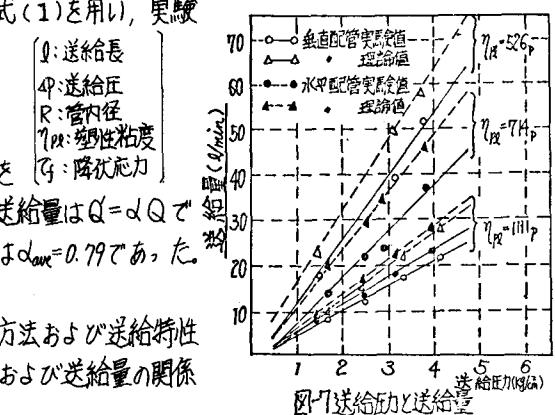


図-7 送給圧力と送給量