

III-40 シールドトンネルの裏込め注入に関する研究 （その2） —大型模型実験—

（財）鉄道総合技術研究所 正 小山幸則 正 佐藤 豊
（株）熊谷組 正 ○岡本達也 正 井原俊一

1. はじめに

シールドトンネルの設計において、セグメント構造自体のモデル化については比較的研究が進んでいるものの、施工過程における裏込め注入の影響については、十分な研究が行われていないのが現状である。そこで、大型の土槽とトンネル模型を用いてシールドトンネルの施工過程を再現し、裏込め注入によるセグメントや地盤への影響に関する実験を行った。実験の目的は、①裏込め注入材の充填状況の把握、②裏込め注入時におけるセグメントへの影響の把握、③裏込め注入時における周辺地盤への影響の把握であるが、ここでは、裏込め注入材の充填状況について報告する。

2. 実験装置

実験装置は、実験地盤を作成する大型汎用実験土槽（幅4.0m、高さ3.0m、奥行き3.0m）、シールドトンネルの裏込め注入の施工を模擬するための内筒管（外径 $\phi 1000\text{mm}$ 、厚さ10mm；セグメントに相当）および外筒管（外径 $\phi 1060\text{mm}$ ；シールドに相当）、裏込め注入装置などから構成されている。外筒管端部には、センターホールジャッキが取り付けられてあり外筒管を引き抜く構造となっている。また、土槽中央部には仕切り板を設置し、左右で2回の実験を行えるようにした。図-1に実験装置を示す。

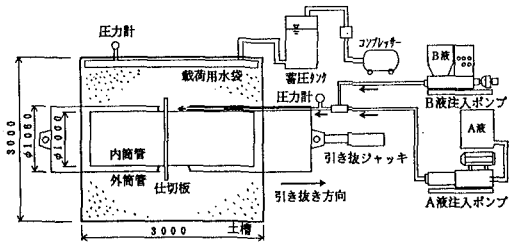


図-1 実験装置概要

3. 実験方法

実験は、実験土槽内の砂地盤中（硅砂5号）にトンネル模型管を設置した後、地盤上部から載荷用水袋により 1.5 kgf/cm^2 の鉛直方向の載荷状態で外筒管を引き抜きながら、テールボイド（30mm）に裏込め注入を行った。硅砂5号の物性を図-2に示す。裏込め注入材料は、予め行った基礎実験¹⁾で用いた注入材の中から注入材B（セメント・非エア系）およびLWの二液型の2種類としたが、その配合を表-1に示す。注入材Bを用いた実験は、鉛直載荷重前後の注入圧 1.0 kgf/cm^2 （低压）と 2.0 kgf/cm^2 （高压）の2ケースで同時注入により行った。また、LWを用いた実験は、10cmピッチの即時注入により行った。注入はトンネル模型管のクラウン部1ヶ所から行い、注入圧はA液とB液の混合直後の注入管に設置された圧力ゲージにより管理した。

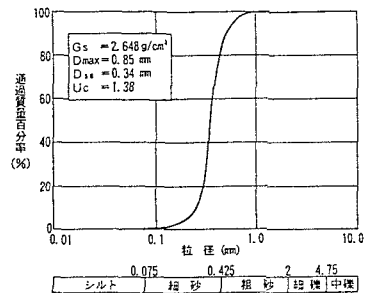


図-2 地盤材料の物性

表-1 裏込め注入材料

<注入材B> (1.08 m ³ 当たり)				
A 液 (1000 l)				B 液
セメント	ベトナイト	安定剤	水	硅酸ナトリウム
260kg	35kg	4.8 l	897 l	80 l

<LW> (1.00 m ³ 当たり)			
A 液		B 液	
セメント	水	水ガラス	水
400kg	373kg	250 l	250 l

4. 実験結果

実験地盤は、乾燥密度 1.6 g/cm^3 、含水比 3.3%、締

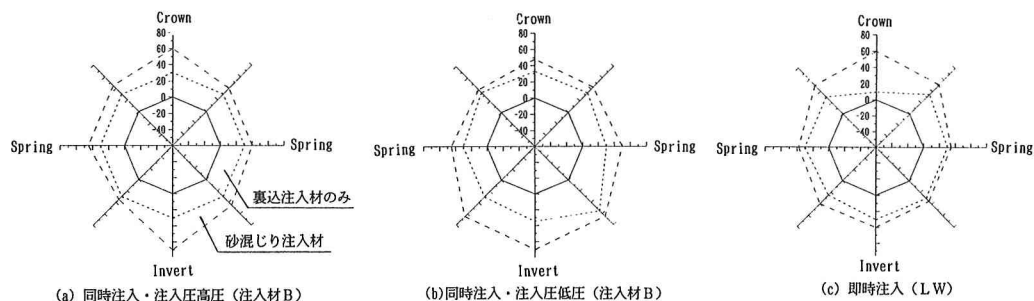


図-3 充填厚さ分布 (単位: mm)

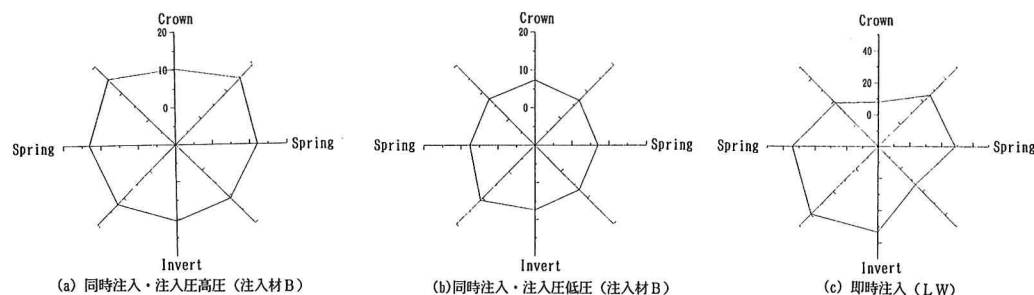


図-4 強度分布 (単位: kgf/cm²)

固め度96%であり、洪積砂層に相当する。注入材料のゲルタイムは注入材Bで約10sec、LWで約60secであり、フロー値は注入材Bで8.6sec、LWで8.2secであった。また、70-コン値は、注入材Bで36cm、LWで55cmであった。充填状況は、写真-1に示すような状態まで地盤を撤去した後、厚さ分布および強度分布を計測することで確認した。厚さ分布を図-3に、強度分布を図-4に示す。強度分布は、所定の箇所でブロックサンプリングを行い3cm立方供試体に整形後、一軸圧縮試験により求めた。

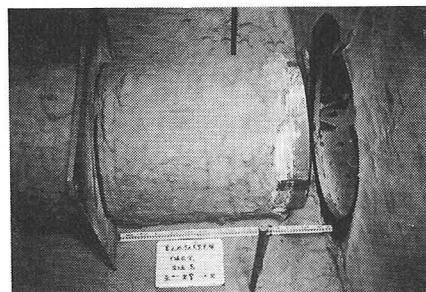


写真-1 実験状況

- ①トンネル軸方向の充填状況は、同時注入では地盤の崩壊が少なく安定しているのに対し、即時注入においては崩壊が生じ、かなりの凹凸がみられた。
- ②同時注入における裏込め注入材のみの充填ゾーンと砂混じりの注入材の充填ゾーンの合計は、32～70mmでありテールボイド30mmを越えている。これは、注入によるテールボイドの押し抜けなどの影響と推察される。なお、平均裏込め注入率は170%であった。
- ③強度分布は同時注入では、注入圧にかかわらずほぼ均一であるが、即時注入では不均一である。これは、地盤の崩壊や注入材料の差異(注入材Bに比べLWの混合性が低い)によるものと考えられる。

5. おわりに

今回の実験地盤は自立性が高く、全体的に裏込め注入が確実に行われることが確認された。本実験におけるセグメントや地盤への影響については、別途報告する予定である。

<参考文献> 1) 清水・岡野・岡本ら：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－、土木学会第48回年次学術講演会講演概要集、1993年9月。