

硬質地盤における裏込め注入圧の変化に関する考察

東京地下鉄株式会社

正会員

○ 荻野 竹敏

東京地下鉄株式会社

正会員

藤沼 愛

メトロ開発株式会社

宇波 邦宣

日本シビックコンサルタント株式会社 フェロー会員

斉藤 正幸

1. はじめに

シールド工事に於いて実施される裏込め注入の方法には、後方注入、即時注入、同時注入があるが、今回東京地下鉄が建設した副都心線では全工区において同時裏込め注入を採用した。裏込め注入時には、シールド鋼殻内で組み立てられたセグメントが地山内に押し出され、セグメントと周辺地盤との間に発生するテールボイドを裏込め注入材で充填する。同時注入である場合には、基本的にテールボイドが不安定な状態で放置されることはない。本報告では、各種の計測を行った結果のうち裏込め注入圧の変化に注目して考察した。

2. 現場で計測された裏込め注入圧の変化

裏込め材の注入は、覆工外面に作用する水压や切羽圧などを上回る圧力で行う必要があり、裏込め注入時の圧力が長期的な土圧より大きいという報告が見られる。この裏込め注入圧がシールドの施工過程とともにどのように変化するかは地盤の挙動やセグメントに作用する土圧の評価を行う際に重要な要素となると考えた。

現場で計測された裏込め注入圧の変化をみると、注入作業を実施しているときには注入圧は注入ポンプの吐出圧に連動して振動しながら高い圧力を示すが、注入作業が終了すると極めて短時間にセグメント背面の圧力は低下し、切羽圧と概ね一致する。また、掘進時に注入している位置より坑口側(後方)の裏込め注入材は一定以上の強度を発現していることから、テール部で実施されている裏込め注入圧が伝達され、セグメントに作用する圧力が変化するものの最終的な圧力は大きく変化することはない。このことから、注入位置より坑口側の裏込め注入材が注入時と注入完了時の裏込め圧の変化に寄与しているとは考えにくい。一方、シールド鋼殻周辺に充填されている泥水や泥土は一定の流動性を保っていると考えられる。このため、裏込め材の負荷圧力は、図-1に示すように注入作業が終了した時点で一定の体積となる未固結の裏込め材が、シールド鋼殻周辺の空隙へ僅かに移動することで低下すると考えることができる。

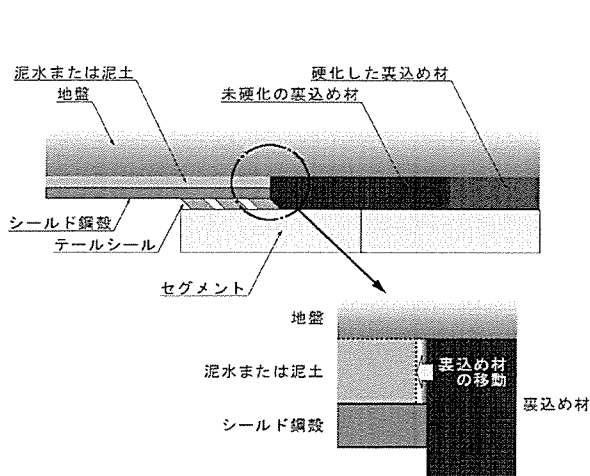


図-1 注入作業終了時の裏込め注入材の動きの概念

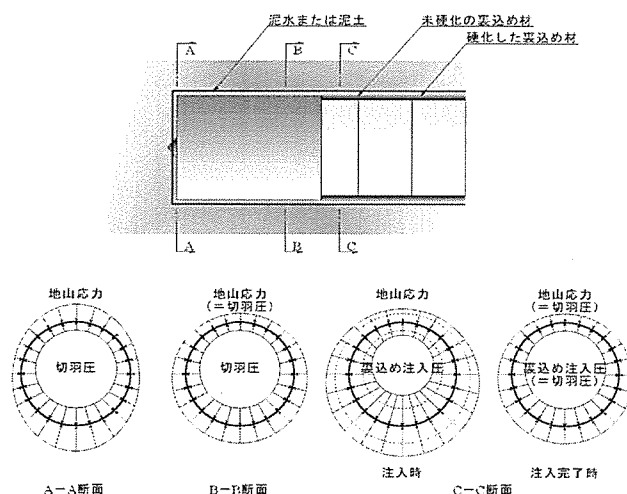


図-2 裏込め注入圧の分布状況の概念

キーワード：硬質地盤，現場計測，土圧，裏込め注入圧

連絡先：〒110-8614 東京都台東区東上野 3-19-6 TEL 03-3837-7132

このことから、図-2 に示すように、連続的に注入しているときには裏込め材の流動性を上回る注入が実施され、裏込め材の突出圧に相当する圧力が発生するが、注入が完了した時点で裏込め材はシールド鋼殻周辺に充填された泥水や泥土が持つ圧力である切羽圧と釣り合って安定すると考えられる。つまり、覆工構築時には、裏込め注入圧によって地盤に負荷圧力が作用するが、裏込め注入作業の終了とともに裏込め注入圧は切羽圧と同等の水準に低下する。この裏込め注入の施工過程と注入圧力との関係は、図-3 および図-4 に示す現場計測結果からも確認できる。このため、裏込め注入の影響は、短時間に限定されたものであり、最終的な地盤の挙動には影響を与えないものとする。

ただし、この過程はトンネル周辺地盤の掘削面が自立し、シールド鋼殻周辺およびセグメント背面のテールボイドが一定以上確保されていることが前提となる。そのため、軟弱地盤のように地山応力の解放をともなわずに大きな変形が生じる地盤条件には適合しない。

3. 解析モデルの提案

今回の各種計測結果に基づいて、シールド掘削時解析モデルを図-5 のように設定し、現在検討を進めている。

4. おわりに

今回は、比較的地盤の挙動が明確な硬質地盤中に構築されるシールドトンネルを対象とした各種現場計測の結果を用いた検証を行うことにより、施工時における周辺地盤および覆工に与える様々な影響を把握することができた。今後は、シールドトンネルの切羽前から覆工構築完了までの間にトンネル壁面が受ける応力履歴と変位との関係を整理することによって、地盤や覆工の挙動に影響を与える施工段階を抽出し、それぞれの施工が地盤や覆工に影響を与えるメカニズムを考察することで、硬質地盤における覆工構造の設計法の提案を行っていく所存である。

参考文献：たとえば、矢萩秀一、荻野竹敏、沼澤憲二郎、深井直光、斉藤正幸 シールドトンネルの施工時荷重の影響に関する現場計測結果と考察、トンネル工学論文集第 17 巻，pp. 63-74，2007. 11.

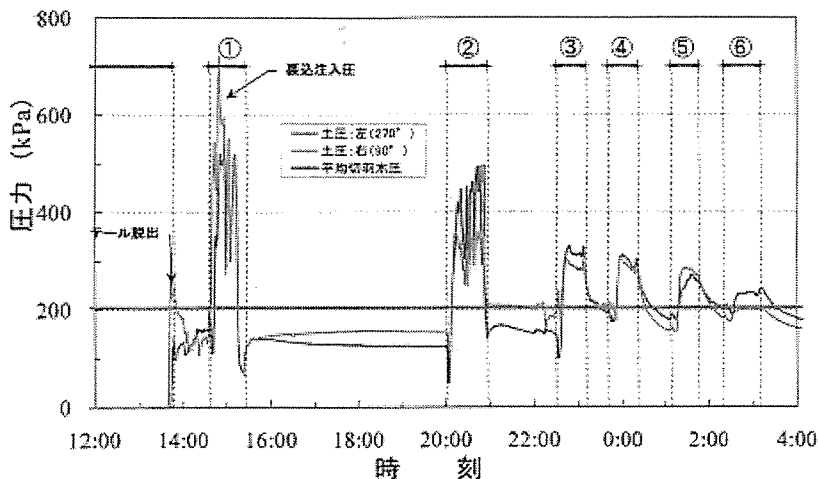
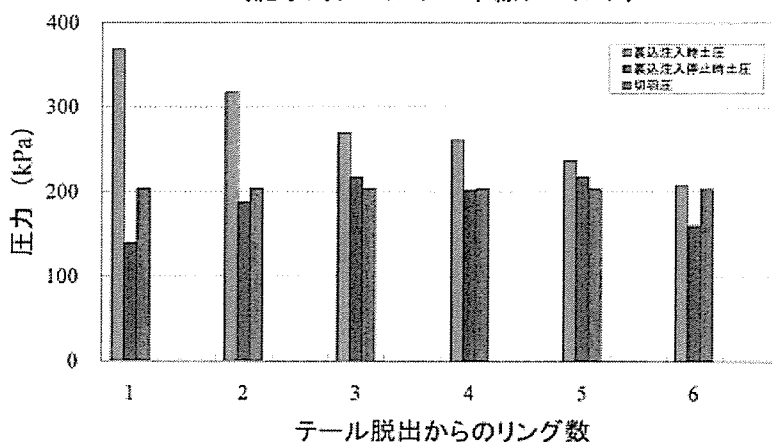
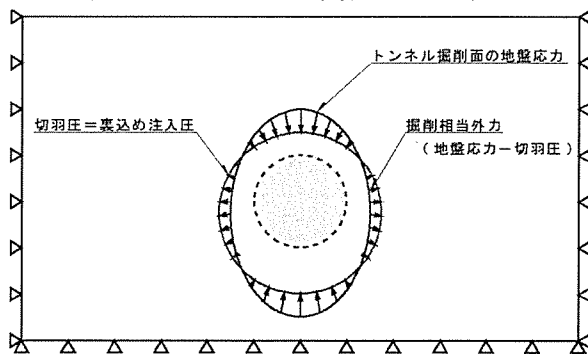


図-3 切羽付近における裏込め注入圧と切羽圧の計測結果
(泥水式シールド：単線シールド)



※裏込め注入時土圧は掘進中の平均値、停止時土圧はマシン停止中の平均値を示す。
図-4 裏込め注入時と停止時における土圧と切羽圧との関係
(泥水式シールド：単線シールド)



- 1) トンネル掘削位置の要素を除去
- 2) トンネル掘削面の初期地盤応力と切羽圧(=裏込め注入圧)との差分(掘削相当外力)を算定
- 3) トンネル掘削面に掘削相当外力を載荷

図-5 シールド掘削時を評価する解析モデルの概念