

III-498 PCL工法における地盤の挙動について

三井建設㈱ 正会員 古田敏夫
早稲田大学 正会員 森 麟
東京電力㈱ 正会員 吉川新吉

1. はじめに

シールド工法ではテールボイド発生後、裏込めまでに多少の時間があるのが一般的であるが、PCL工法ではテールボイドに全く時間差なくコンクリートを確実に填充できることが特長の一つとなっている。したがって、掘進時にシールド工法とは異なる地盤の挙動が予想されるので、これを確かめるために実証工事においては従来シールド工法施工区間（以下、シールド区間）、PCL工法施工区間（以下、PCL区間）のそれぞれ1箇所、地中沈下計、パイプひずみ計を設置して、施工に伴う地盤の挙動を比較調査したので、以下その結果について報告する。

2. 計測概要

両工法ともシールド機はφ2094mmの手掘り式で、計測位置での土被りは約5.1m、土質は関東ローム層である。

図-1、2に計器の配置を示す。シールド区間とPCL区間の地盤の挙動を比較し易いように、シールド外周面から50cm離れた位置に地上から地中沈下計、パイプひずみ計をトンネルの両側に配置した。沈下量の測定位置は地表面、GL-2.5m、GL-5.0mの3点とし、パイプのひずみ測定は深さ方向に1mおきの7点とした。計測は自動計測により行った。

3. 計測結果

図-3に地表面沈下量の経時変化を示す。横軸は切羽距離、縦軸が沈下量である。図-4は両区間の違いを見易くするために、切羽が計器到達時の値を0として切羽通過後の沈下量を補正した時の経時変化である。図-5はパイプひずみ計の計測結果から求まる、曲げモーメント（M）を弾性係数（E）および断面係数（Z）で除した値 $\{M/EZ\}$ の分布を各進捗段階ごとに表したものである。

最終沈下量はシールド区間では約0.5mm、PCL区間では沈下ではなく約0.8mm 隆起する結果となった。両者とも非常に小さな変位量であったが、地盤の挙動には明らかな違いが認められた。シールド区間では約0.1mm の先行隆起を生じた後、切羽到達後に沈下量が増加し始め、テール通過後に再び増加してその後収束するというシールド工法では一般的な挙動を示した。PCL区間では約0.8mm の先行隆起を生じた後、テール通過後さらに突出的に一時的に隆起し、その後テール通過直前の値に戻って収束するという挙動を示した。テール通過直後に一時的に発生した隆起量は地表面で0.18mm、GL-2.5m で0.16mm、GL-5.0m で0.13mmであった。両区間とも地中のGL-2.5m、GL-5.0m の挙動は地表面と同じ傾向を示した。

パイプの変形はトンネル位置付近で顕著であった。シールド

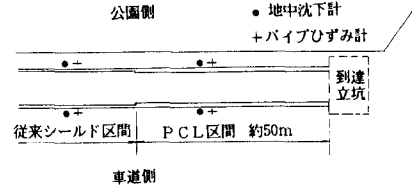


図-1 計器配置図（平面図）

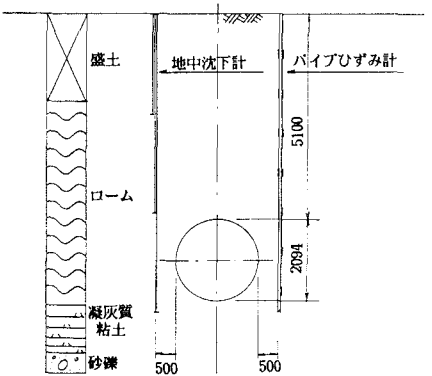


図-2 計器配置図（断面図）

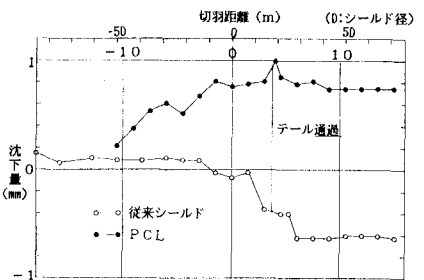


図-3 地表面沈下経時変化図（公園側）

区間では切羽到達以降にトンネル側へ進行した変形が、裏込注入によってやや戻されたが原位置までは回復せずに収束し、PCL区間では切羽到達時にトンネル側へ進行した変形が、テール通過後のコンクリートの加圧充填時に押し戻されて原位置より外側に變形してそのまま収束するという結果を示した。

4. 考察

両者が異なった挙動を示した原因を以下考察する。

(1) 切羽到達前の挙動

先行隆起現象の違いは、使用推力がPCL区間の方が大きいことから余掘り量の大小が原因と考えられる。両側のパイプが両区間ともにトンネル側に変形したが、これは地山が自立性に富む関東ローム層であったため先掘りぎみに掘進したことによるものと考えられる。

(2) 切羽到達後の挙動

シールド区間では応力解放によるテールボイド沈下が発生したが、PCL区間ではコンクリートを加圧したままテールボイドに充填したことから応力解放は生ぜず、むしろ圧力増加により隆起現象を生じたものと考えられる。シールド区間で裏込注入を行うまでの間にトンネル内側へパイプの変形が徐々に進行したのも、PCL区間でコンクリートの加圧充填によって一気に原位置より外側まで変形したのも沈下（隆起）と同じ原因と考えられる。裏込注入による変形量に比べてコンクリート充填による変形量が大きいの裏込注入圧（約 1.0kgf/cm^2 ）よりコンクリートの最終プレス圧（約 1.5kgf/cm^2 ）が大きいということだけではなく、充填時期の違いとも関連しているものと考えられる。

沈下計測とは異なる位置で、事前に掘削外周面に圧力計を埋め込んでおきコンクリートの加圧充填による圧力伝播について調査したところ、プレスリング前面圧と掘削外周面の圧力では約 0.3kgf/cm^2 後者の方が小さくなったが、両者の圧力の動きは連動していた。また、時間の経過とともに掘削外周面の圧力は低下する傾向を示した。この現象がコンクリートの硬化収縮や妻型枠（ゲージリング）脱型に伴う圧力解放によって起こるために、図-3にみられる地盤隆起の突出現象が一時的なものにとどまったものと考えられる。

5. おわりに

PCL工法がテールボイドによる地盤沈下を抑制できる工法であることがシールド区間との比較により明らかとなった。関東ローム層より軟らかい地盤であればシールド工法との差はもっと大きくなると考えられる。また、圧力伝播の調査からプレスリング前面圧力の管理が沈下防止に有効な手段であることが明らかとなった。プレスリング前面圧力を掘削外周面に作用させるにはコンクリートの流動性を保つことが必要になるが、このために妻型枠の脱型時期が遅れることはトンネルの施工性に直接影響するので、地盤沈下抑制も特長とする本工法においてはコンクリート材料の研究が非常に重要であると感じた。

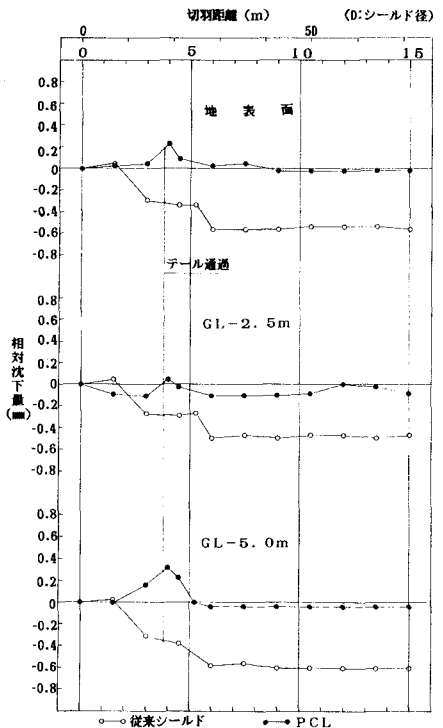


図-4 相対沈下経時変化図（公園側）

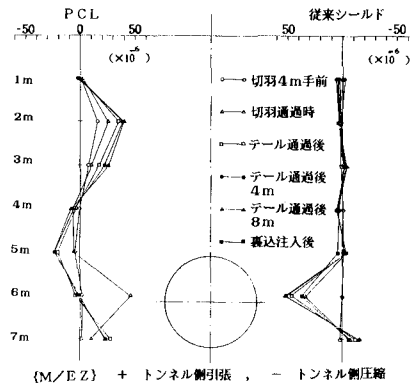


図-5 {M/EZ} 分布図（公園側）