

18. プレライニングマシンによる 都市NATM施工

(株)フジタ：*森 利夫・三村 洋一

1. はじめに

都市NATMにおいては、トンネル掘削に伴う地表面沈下の抑制、切羽の安定性確保が大きな課題となっている。プレライニング工法（PASS工法）は、掘削に先立ち切羽前方地山内にモルタル製薄肉覆工（プレライニング）をアーチ状に構築して、そのライニング下を掘削する工法で、前記の課題の解決を図るものである。

プレライニングマシンは、この薄肉ライニングを1スリットづつ連続して正確かつ迅速に構築する機械である。クローラ式ベースマシン、長さ5.6mの削孔用5連オーガ、多関節ブーム、モルタル注入ポンプなどからなる。

今回は平成3年及び平成5年に施工を行った洪積砂層、軽石層という2種の異なる地質の施工状況及びそれらの地質に対する本機械の有効性及び機械システムの改良点等を報告する。

2. PASS工法の概要

(1) 施工手順

- ① 切羽前方地山に、5軸オーガにより厚さ17cm、幅81cm、長さ4mのスリット状掘削を行う。
- ② オーガの引抜きに合わせてモルタル注入を行い（削孔先端部 2.5m）、1ピースのモルタル壁を作る。
- ③ ①、②をトンネル掘削線に沿って施工し、アーチ状のモルタル壁を作る。
- ④ このモルタル壁の内側を掘削し、支保工建込み、吹付けコンクリートを施工する。

(図-1、図-2)

以上の作業を繰り返して、トンネルが作られる。

(2) 特長

- ① 地山前方の沈下量（先行変位）が小さくなり、地表面沈下を確実に抑えることができる。
- ② 切羽の安定性が向上し、大断面一括掘削が可能となる。
- ③ 従来の都市NATMに比べ、施工速度が向上する。
- ④ 切羽での作業は、アーチ状のモルタルシェルの下で行われるため、安全性が向上する。

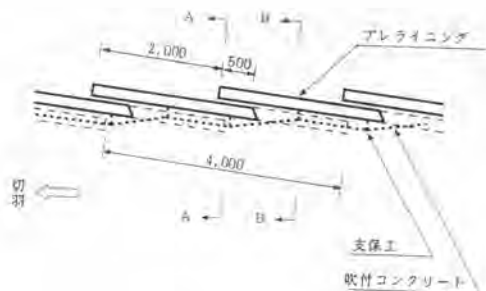


図-1 プレイニング側面図

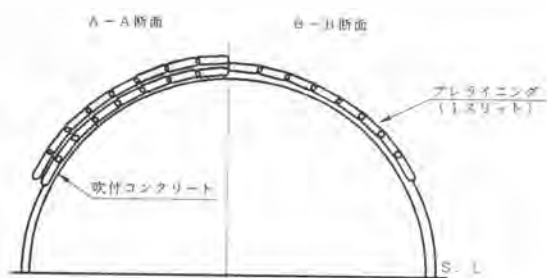


図-2 プレイニング横断面図

3. プレイニングマシン

(1) 構成

プレイニングマシンは、以下の構成からなる。

- ① オーガ式削孔機 …… $\phi 170\text{mm} \times L4, 600\text{mm} \times 5\text{軸}$
- ② 多関節ブーム …… 6自由度の関節にてオーガ式削孔機を支持する。
- ③ ベースマシン …… 駆動は、エンジン・電動併用。旋回機構を装備。
- ④ モルタル注入ポンプ …… 吐出量 $0 \sim 10\text{m}^3/\text{H}$ 。
- ⑤ 自動制御装置 …… 自動制御盤、センサ、ターゲットミラー等からなり、オーガセット、削孔及び注入作業を自動制御する。

なお、ベースマシンおよびオーガ位置を計測するために、自動測量システムがマシン後方に設置されている。プレイニングマシン姿図を図-3に示す。

(2) 仕様

全長：15.5m 全幅：3.0m 全高：3.6m
 重量：54.6t 容量：120KW

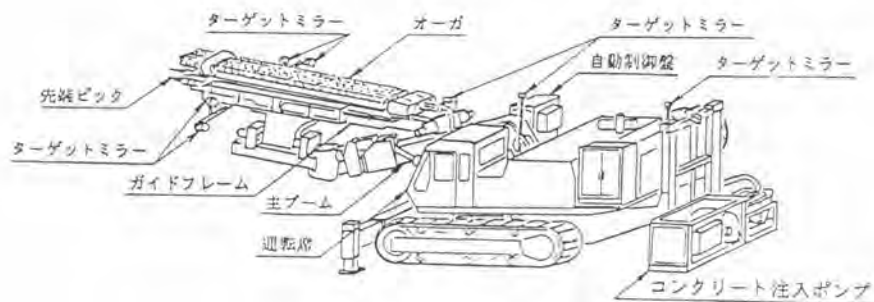


図-3 プレイニングマシン姿図

(3) 施工順序

① オーガセット

自動測量システムは光波距離計等を用いて、マシン本体及びガイドフレームに取り付けられたターゲットミラーの位置座標を計測する。このデータは、無線によって自動制御盤に送信される。

自動制御盤は、座標データ及びマシン本体の各種センサ値から位置決め演算処理を行い、油圧シリンダ等を制御しながらオーガを目標位置にセットする。

② 削孔

セットが完了すると、オーガは回転・推進を開始し、回転トルク・推進速度を制御しながら規定長まで削孔する。

③ 注 入

削孔終了後、オーガの引抜速度に合わせてモルタルの注入量を制御し、所定の長さのモルタル壁を作る。

4. 工事概要

(1) 洪積砂層・粘土層トンネル

工 事 名 : 東葉高速線 勝田台T (池上) 工事

工 事 場 所 : 千葉県八千代市

工 事 延 長 : 153m

地 質 : トンネル被り部分は関東ローム層、掘削断面部分は成田砂層及び洪積粘土層からなるN値10程度の未固結地山である。

工事の特色 : 路線に近接して閑静な住宅街が存在する。土被りが4～7mと、非常に浅い。

(2) 軽石層トンネル

工 事 名 : 旧軽井沢倶楽部造成工事

工 事 場 所 : 長野県北佐久郡軽井沢町

工 事 延 長 : 170m

地 質 : トンネル終点側約54m区間は、地上から通過部まで全域にわたり浅間火山降下碎屑物堆積層のローム、軽石、砂、粘土に覆われており、N値10程度以下の軟弱層である。

工事の特色 : 土被りは、30～3mまで地形に沿って低減している。

地上には、支障物が存在しない。

掘削断面積は約75m²、トンネル径約10mである。(勝田台トンネルと同程度)トンネル線形として、100Rおよびクロソイド曲線である。

トンネル縦断は、3パーセントの上り勾配である。

5. 施工結果

PASS工法で施工する上で、両トンネルの条件が大きく異なるのは、以下の2点である。

- ① 地質が全く異なる。
- ② トンネル線形が直線と100Rおよびクロソイド曲線である。

PASS工法施工状況を図-4および写真-1に示す。

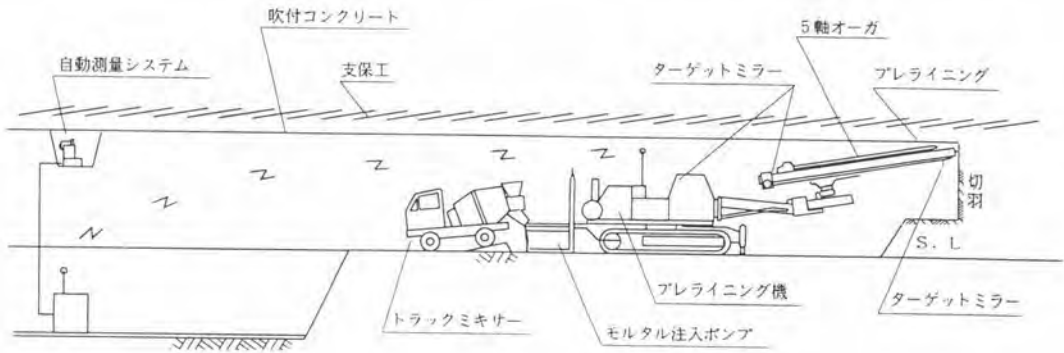


図-4 PASS工法施工状況図



写真-1 施工状況

(1) 地質への適用性

洪積砂層・粘土層での施工は、オーガによる削孔で、余堀も少なく良好なプレライニングを形成できた。そして、切羽の安定性を確保しながら、大断面一括掘削できた。

一方、軽石層に対しては、孔壁の自立が困難なため、削孔による余堀が発生する箇所が生じた。このため、モルタル注入率を設計の1.2～1.3倍（勝田台では1.1倍）に設定し、充填性の確保を図ったが一部のプレライニングに連続性が不完全な箇所が生じた。

(2) 曲線区間への対応

軽井沢トンネルには道路トンネルとしては急曲線の100Rがあり、マシン投入前に事前の検討が必要だった。特に、プレライニングの連続性を確保するために、オーガセットが重要である。そのため、オーガターゲットミラーの計測が自動で行えるかどうかの検討をCADを使用し、シミュレーションした。測量システム設置位置と測量するターゲットミラーの選択を工夫すればよいことがわかった。

ただし、実際の施工時には、待避している重機、ミキサー車等の駐車位置、および作業員の位置には注意を要した。

測量システムの設置状況を写真-2に示す。

(3) 測量システムの改良

勝田台トンネルの施工後、機械及びシステムの改良を行った。

- ① オーガのターゲットミラーを正確に、早く計測するために測量システムの入替えをした。
- ② 新測量システムの特長によりターゲットミラーが2つ以上ある場合は、正確に計測できない。この為、プレライニングマシンに全部で7つあるターゲットミラ



写真-2 測量システム設置状況

ーにシャッターを取り付け、計測するミラーを自動的に開閉するシステムに変更した。

以上の改良の結果、測量の精度が向上し、計測時間が短縮されたため、オーガセット時間は約12%の短縮が図られた。

両トンネルの施工時間比較を図-5に示す。

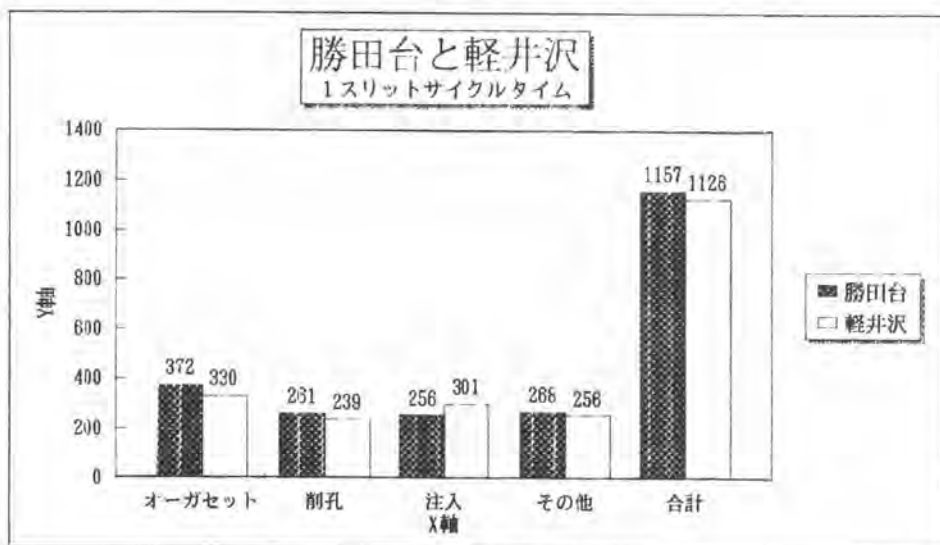


図-5 施工時間比較

6. おわりに

両トンネルの施工結果をまとめると以下ようになる。

- ① 洪積砂層から粘土層に対しては良好なプレライニングが造成されたが、全く粘着性のない軽石層に対しては、余堀のため連続性が不完全になる箇所が生じた。今後、余堀防止対策としてケーシング式オーガ等の開発を考える必要がある。
- ② 曲線部を有するトンネルにおいてもプレライニング施工が可能であることが確認された。
- ③ 測量システムの改良により精度・信頼性の向上が図られた。

砂層・粘土層のトンネルおよび軽石層トンネルの施工（実証実験）を終え、本機械は十分実用に耐える機械であることが確認された。また、いずれのトンネルにおいても、切羽安定性は確保され、施工速度も2m/日を達成した。

今後は、これらの結果をもとに地質適用性を広げるための改良を加え、多くの都市NATMトンネル施工に導入を図っていきたい。