

20. New PLS工法の開発

建設機械化研究所： 亀岡 美友
 日本国土開発(株)： *指田 健次
 (株)三井三池製作所： 伊藤 啓之

1. はじめに

近年、都市部の土地の有効利用を図るため、トンネルや地下空洞の計画や建設が積極的に進められている。特にトンネルのような地下構造物については、従来からシールド工法や開削工法が一般的に採用されてきたが、経済性・途中での断面変更・路面占有などの点で問題の少ないNATMの採用が増加している。

しかし、市街地周辺では未固結で自立性の低い地層が多く、また地表には重要構造物が建ち並んでいることからNATMで施工する場合には、地表面沈下防止や切羽の安定が重要課題となる。このような課題の対策工としては、トンネル掘削に先立ち、切羽前方の防護を事前に行う先受け工法が最近注目を集めている。

PLS (Pre-Lining Support) 工法はこのような先受け工法の一つで、チェーンカット式切削機を用いて、掘削する前に連続したコンクリートシェルをトンネル外周に沿って構築することを特徴とするものである。昭和56年に成田空港トンネルでPLS工法を実施した実績を基に、筆者らは平成元年からPLS工法に大幅な改善を加えたNew PLS工法の開発に取り組んでいる。

本稿では、New PLS工法開発の概要について述べる。

2. New PLS工法の概要

2.1 目的

New PLS工法の目的は、(i)未固結地盤での切羽の安定、(ii)土被りの浅いトンネルの地表沈下防止、(iii)トンネルの大断面化に対する適応である。

2.2 施工システム

本工法の施工システムは、図-1に示すようにチェーンカットを装備したPLS機を中心に、コンクリートポンプ車とトラックミキサを組み合わせたものである。その他には、図示していないが、切羽掘削用にブーム式あるいはショベル式掘削機を使用する。

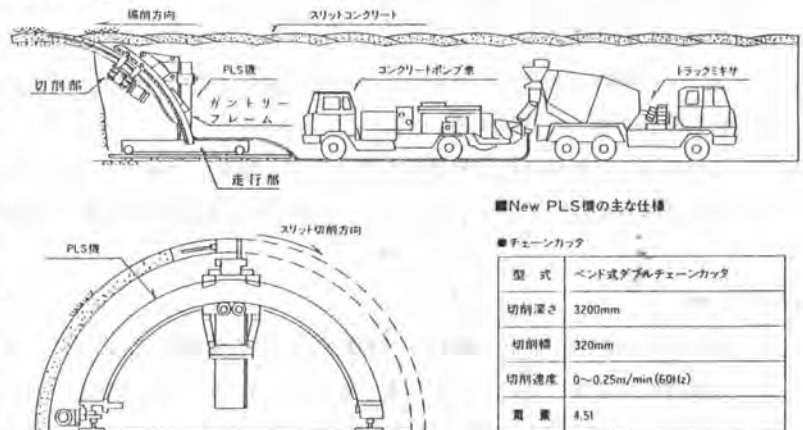


図-1 システム図

次に、New PLS工法の施工手順を示す。

① 位置出し→② New PLS機のセット→③ スリット切削およびコンクリート充てん→④ New PLS機の後退→⑤ 切羽掘削→⑥ 支保工設置→⑦ ①へ戻る

このとき、スリット切削・充てんは左脚部から開始して天端を通して右脚部まで連続して行う。

2. 3 効果

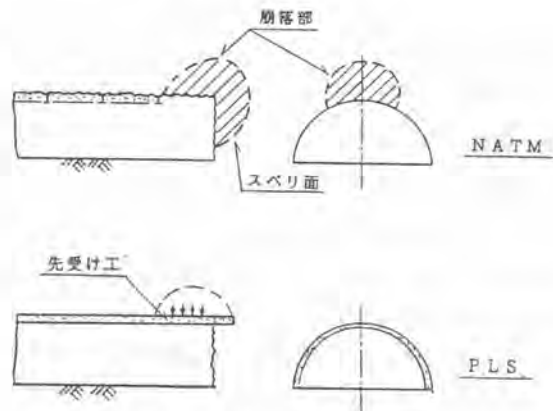
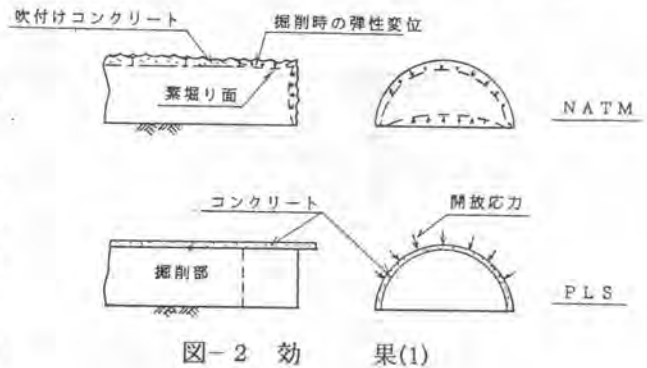
New PLS工法の効果についてNATMとの比較で説明すると以下のようになる。

① 図-2に示すようにトンネル掘削時の解放応力は、あらかじめ施工された剛な支保工で受け持つため、トンネル掘削時の弾性変形が小さくなる。

② 強度が小さい土砂地盤での自立が困難な場合においても、天端崩落が防止できる。

③ 切羽の安定を確保するためには、切羽前方のスベリ面を含むような先受け工の長さが必要であるが、NATMに比べて天端の安定が得られるために、切羽の安定が得られやすい(図-3参照)。

④ 地山を常に三次元状態に保つため、緩みの発生が抑制され、掘削時の挙動が弾性的となる。



3. New PLS機の特徴

3. 1 概要

New PLS機は図-1に示すように、切削部とガントリーフレームおよび走行部から構成され、チェーンカッタの伸縮・俯仰・旋回、切削部の横行および全体の走行の機能がある。

チェーンカッタの主な仕様は、型式がバンド式ダブルチェーンカッタ、切削深さ3200mm、切削幅320mmおよび切削速度0~0.25m/min(60Hz)である。

3. 2 特徴

New PLS機の特徴は、従来のPLS機と比較すると次の2点に集約される。

(1) バンド型チェーンカッタの採用

一番目の特徴は図-4に示すように、通常の直線状のチェーンカッタを湾曲させてバンド型チェーンカッタとしたことである。従来のPLS工法ではトンネル縦断方向に対して逢地型の不連続ライニングであったものが、この変更により

① 一つ手前のスリットコンクリートの一部を削り取って、次のスリットを切削・充てんするためトンネル縦断方向の連続性が強化される。

② コルゲート状のコンクリートシェルが構築され、平板のシェルより支保効果が大きい。等のメリットが得られる。

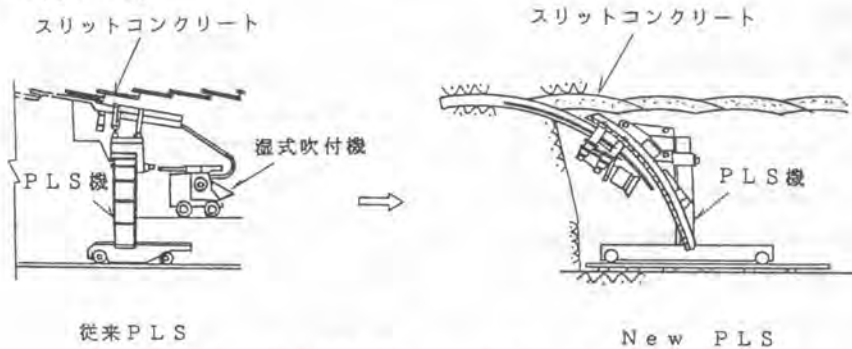


図-4 ベント型チェーンカッタの採用

(2) ダブルチェーンカッタの採用

二番目の特徴は図-5に示すようにチェーンカッタを2枚重ねてダブルチェーンカッタとしたことである。従来は機構上チェーンカッタとコンクリートノズルが離れており、コンクリートが充てんされるまでスリット空間の自立が必要であったが、ダブルチェーンカッタの採用によりカッタとノズルの一体化が可能となり、次のような利点が得られる。

- ① 自立性の悪い地山においても切削即時コンクリート充てんが可能となった。
- ② スリットの開放時間がほとんどなく、地山のゆるみの発生を最小限にできるため、地表面沈下が抑制できる。

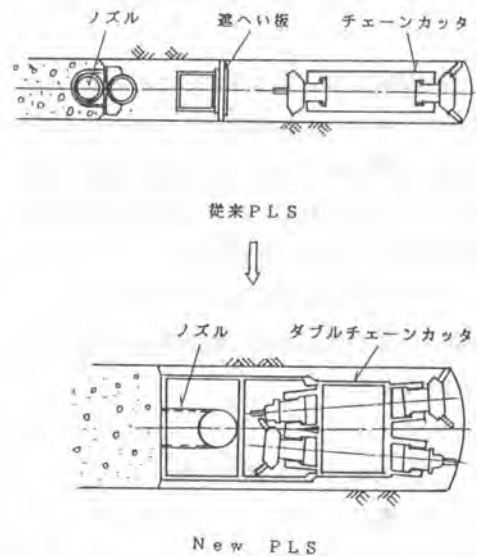


図-5 ダブルチェーンカッタの採用

4. 切削・充てん実験

4.1 実験内容

砂とセメントを混合させた模擬地盤を用いて、切削・充てん実験を行いベンドジブカッタの切削性能や注入するコンクリートの即時充てん性、自立性について検討を行った。

4.2 実験機器

(1) New PLS機

チェーンカッタ : 図-1 参照

ガントリーフレーム : R=5000mm、レール軌道

(2) コンクリートポンプ車

吐出圧力：45kgf/cm²

吐出量：12m³/hr (Max)

(3) 急結剤ポンプ

吐出圧力：500kgf/cm²

吐出量：5 l/min

4. 3 コンクリート配合

実験に用いたコンクリートの配合は、表-1に示すとおりである。

表-1 配 合 表

粗骨材の 最大寸法 (mm)	スランブ の 範 囲 (cm)	空気量の 範 囲 (%)	水セメント比 W/C (%)	細骨材率 S/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
					水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	混和剤 AE減水剤
20	18±2.5	4±1	53.5	45.8	185	346	784	1094	0.346

4. 4 模擬地盤

実験に用いた模擬地盤は、砂とセメントをドライミックスした土砂を締め固めて作成した。

材料：コンクリート用細砂とセメントの混合土砂

強度：一軸圧縮強度 $q_u=45\text{kgf/cm}^2$

寸法：幅7.2×高3.5×奥行3.6m

4. 5 実験結果

実験結果をまとめると以下のようになる。

- ① 切削幅および深さは、ほぼ仕様値どおりの値であった。
- ② 切削速度10~16cm/minにおいて、安定した切削性能を示している。
- ③ スリットコンクリートの充てん性を確保するためにはスランブ18cm程度のコンクリートが適当である。
- ④ これに対し、妻側コンクリートの自立性を高めるためには、急結剤を添加、攪拌する方法が実用的である。

5. おわりに

以上、本工法の開発は、模擬地盤を対象にした切削・充てん実験によりNew PLS機の基本的性能を確認した段階にあるが、今後実用化に向けて

- ① New PLS機の姿勢位置管理
 - ② コンクリート充てん圧と切削速度のコントロール
 - ③ 妻側コンクリートの自立とサイクルタイムの短縮を目指した急硬性コンクリートの開発
- 等の課題に取り組み、さらに研究・開発を進めていくつもりである。