

# 14. New PLS工法の施工への適用

日本道路公団：及川 淳、

ハザマ：芳賀 佳之、\*宮崎 航

## 1. はじめに

New PLS(Pre-Lining Support)工法は、軟質な地山や土被りの薄いトンネルにおいて山岳工法で施工する場合に適用される工法で、プレライニング工法のひとつである。トンネル掘削に先立ち、切羽のトンネル外周部を、チェーンカッタを保有した機械により切削しながらコンクリートを即時充填、奥行き3.0m、厚さ40cmのアーチシェル状のプレライニングを構築し、その後、トンネル内部を掘削する。プレライニングは剛性が高く、掘削後の支保の役割も果たすため、安全に掘削でき、地表沈下の低減等、周辺地山への影響を抑制できる。

本工法の施工実績は3件あるが、最新事例では先受け長を従来の2.0mから3.0mに変更し良好な結果を得た。本文では、New PLS工法の概要、機械の概要、施工実績について報告する。

## 2. 工事概要

横浜横須賀道路は一般国道16号のバイパスとして計画され、横浜市保土ヶ谷区狩場町から横須賀市佐原一丁目までの区間(L=28.5km)は既に供用しており、三浦半島の基幹道路としての役割を果たしている。当道路は東京湾岸に位置する横須賀市馬堀海岸までの延長4.3km区間が延伸され、馬堀海岸で国道16号と結ばれる。

吉井トンネルは本延伸事業の一部で、横須賀市吉井町に位置する延長346.5mのトンネルである。(図-1参照)。

本トンネルは数年前に施工された盛土がトンネル延長の約半分に分布している。盛土は非常にルーズな上に、土被りが7~11mと薄く、地表にはインフラが埋設されている市道が横断するなど非常に厳しい条件であるため、New PLS工法を用いて施工を行った。

工事名称：横浜横須賀道路吉井工事

道路名：横浜横須賀道路

路線名：一般国道16号線

車線の幅員：3.5m×2車線(暫定2車線)

施工場所：神奈川県横須賀市吉井～浦賀2丁目

工期：平成10年6月26日～平成13年8月28日

トンネル延長：346.5m

掘削工法：New PLS工法(全断面掘削工法)

掘削方式：機械掘削方式(ツインヘッド)

ずり出し方式：タイヤ方式

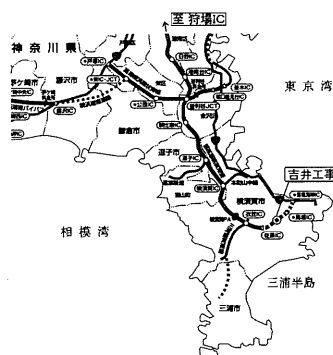


図-1 工事位置図

### 3. 地形・地質概要

トンネルは、急峻な丘陵地を宅地造成のために平坦に切土・盛土した箇所位置する。

付近の基岩は三浦層群逗子泥岩層である。泥岩層の一軸圧縮強度は1.7~10.8MPaであり、新鮮部で平均7.3MPa、風化部で平均2.5MPa程度である。盛土部は切土発生材を使用して数年前に盛土されたもので、非常にルーズである(平均N値13)。この盛土が切羽に出現する区間の延長はトンネル全線の約半分(約150m)を占めていた。

### 4. New PLS工法

#### (1) New PLS工法の概要

New PLS工法は北陸自動車道名立トンネルにおける試験施工及び、横浜新道(拡幅)保土ヶ谷トンネルにおける拡幅施工に続き3例目である。

本工法はプレライニング工法の1つであり、トンネル掘削に先立って切羽前方のトンネル外周に縦断長さ3m、厚さ40cmのスリットコンクリート(プレライニング)を構築し、その後にトンネル掘削(1進行長3m)を行う工法である。スリットコンクリートの構築は切羽前方のトンネル外周をチェーンカッターで切削し、コンクリートを即時充填するため、地山の緩みをほとんど発生させることなく施工できる。図-2にNew PLS工法の施工概念図を示す。また、写真-1に構築したスリットコンクリートを示す。

#### (2) 支保パターン

New PLS工法においては、スリットコンクリート(プレライニング)が先受け及び支保の役割を果たす。このため、吹付けコンクリートやロックボルトは不要である。吉井トンネルで使用した支保パターンの一覧表を表-1に示す。

盛土部においては、地耐力確保の目的で脚部改良工(地表より高圧噴射攪拌工法により施工)を施工した。

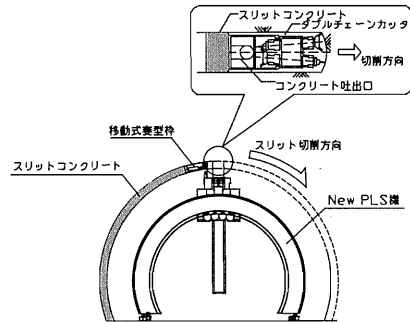


図-2 New PLS工法施工概念図

表-1 吉井トンネル支保パターン一覧表

| パターン         | プレライニング              | 鏡補強  | 地耐力不足対策                        |
|--------------|----------------------|--|--------------------------------|
| DⅢa-1        | スリットコンクリート<br>t=40cm | なし   | なし                             |
| DⅢa-2        | スリットコンクリート<br>t=40cm | 鏡吹付けt=5cm                                    | なし                             |
| DⅢa-3<br>(a) | スリットコンクリート<br>t=40cm | 鏡吹付けt=5cm<br>長尺鏡ボルト<br>L=12m(縦断間隔<br>6m毎に打設) | なし                             |
| DⅢa-3<br>(b) | スリットコンクリート<br>t=40cm | 鏡吹付けt=5cm<br>長尺鏡ボルト<br>L=15m(縦断間隔<br>9m毎に打設) | 脚部補強工<br>仮インハート吹付け<br>(t=25cm) |

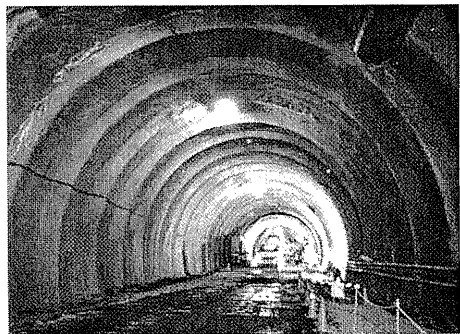


写真-1 構築したスリットコンクリート

### (3) 施工順序

吉井トンネルにおける施工順序図を図-3に示す。吉井トンネルでは1進行長を3mとした。特に泥岩部での施工はスリットコンクリートの構築と掘削のみであり、非常にシンプルなサイクルとなることが特徴である。

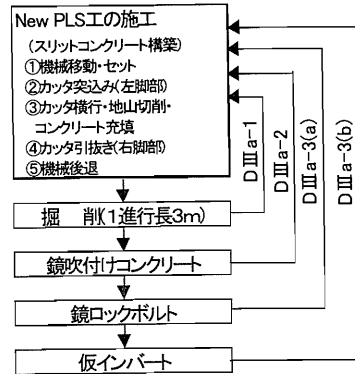


図-3 施工順序図

### (4) New PLS 機

本トンネルでは、保土ヶ谷トンネルに比べスリットコンクリート長さ(以下スリット長)を長くし、対象地山として一軸圧縮強度 10MPa 程度の泥岩も切削することから、機械の切削能力を向上させた。

表-2に本トンネルと保土ヶ谷トンネルのNew PLS機の主な仕様を、表-3に機械の仕様を示し、図-4に本トンネルのNew PLS機構造図を、写真-2に機械全景、写真-3にチェーンカッタを示す。

表-2 New PLS 機の主な仕様

| トンネル名  | 吉井トンネル          | 保土ヶ谷トンネル       |
|--------|-----------------|----------------|
| 断面     | 2車線             | 3車線幅           |
| スリット長  | 3.0m            | 2.0m           |
| スリット厚  | 40cm            | 40cm           |
| 油圧ユニット | 132kW*400V*50Hz | 90kW*400V*50Hz |
| 切削横行速度 | Ave. 10cm/min   | Ave. 15cm/min  |
| 総質量    | 125t(レール含む)     | 105t(レール含む)    |

### (5) スリットコンクリート

New PLS 工法においては、スリットコンクリートが先受け及び支保の役割を果たす。スリットコンクリートが先受け及び支保の品質を確保するためには、確実な充填性(スランプの確保及び保持時間の調整が必要)、妻型枠通過後のコンクリート端部の自立性(急結剤

表-3 機械主要仕様(吉井トンネル)

#### ① New PLS 機

| 品目(項目)     | 仕様   | 数量 |
|------------|--|----|
| 油圧ユニット [1] | 電動機 132kW×400V×50Hz<br>可変ポンプ (Max. 40cc/rev)                             | 1式 |
| 油圧ユニット [2] | 電動機 11kW×400V×50Hz<br>ギヤポンプ 15.6cc/rev×2                                 | 1式 |
| カッタ        | 走行速度 Max. 44m/min<br>掘削力 Max. 18.5 t (スラット接続力)<br>駆動装置 100kw相当減速機付油圧ユニット | 2式 |
| 横行装置       | 横行速度 Max. 200mm/min<br>横行力 Max. 35 t<br>駆動装置 6.6kw相当減速機付油圧ユニット           | 4台 |
| 本体走行装置     | 走行速度 0~5.6m/min<br>走行移動力 Max. 9.5 t<br>駆動装置 6kw相当遊星減速機付油圧ユニット            | 2台 |
| アトミック      | ストローク 550mm<br>支持力 Max. 100 t  | 4台 |

#### ② ポンプ関係

| 品目(項目)      | 仕様   | 数量 |
|-------------|--|----|
| コンクリート圧送ポンプ | 駆動装置 シンテック MKW-25SNT<br>駆動方式 25kW×400V×50Hz三相誘導電動機<br>インバート制御、遠隔操作方式 | 1式 |
| 急結剤ポンプ      | 駆動装置 ベジメ-ノポンプ<br>駆動方式 0.4kW×200V×50Hz三相誘導電動機<br>インバート制御、遠隔操作方式       | 1式 |

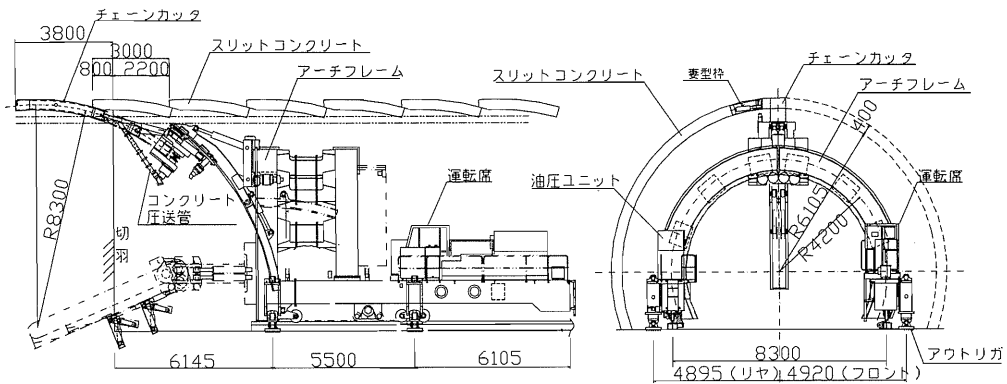


図-4 New PLS 機構造図

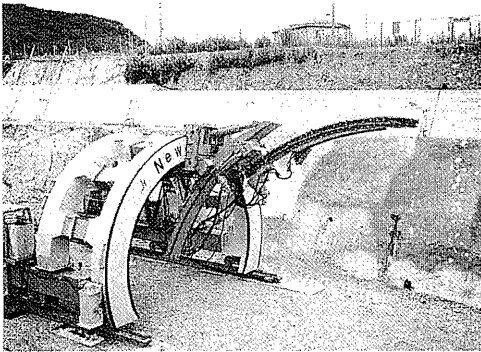


写真-2 New PLS 機全景

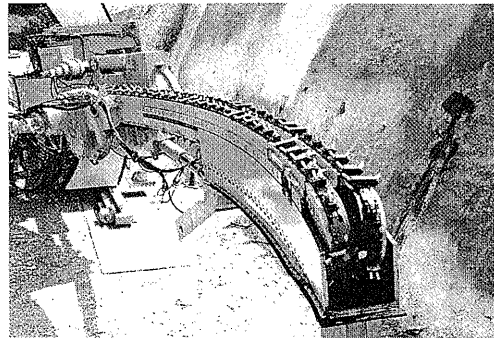


写真-3 チェーンカッタ

添加後に自立する事が必要)及びトンネル掘削時に必要な初期強度発現が必要である。表-4にスリットコンクリートの要求品質を示す。

表-4に示したようにスリットコンクリートは流動性の確保と初期の強度(自立性含む)という相反する性能が要求されるコンクリートである。

## 5. 施工状況

### (1) New PLS 施工状況

スリット長3mの施工は本トンネルで初めて採用することから、施工当初は機械に関するトラブルが発生した。しかし機械の改良を行ったことにより、概ねスムーズな施工が出来た。特に保土ヶ谷トンネルで多発した妻型枠通過後のコンクリートの漏れはほとんど発生しなかった。これは、New PLS 機の切削横行速度の変更によりスリットコンクリート自立時間が12分(保土

表-4 スリットコンクリートの要求品質の比較

| トンネル     | 吉井                                     | 保土ヶ谷                                   | 目的               |
|----------|--|--|------------------|
| スランプ     | 20±2.5cm                               | 20±2.5cm                               | スリット内で確実に充填可能である |
| スランプ保持時間 | 90分                                    | 120分                                   |                  |
| 自立時間     | 打設12分後で自立                              | 打設8分後で自立                               | 妻型枠通過時に自立する      |
| 初期強度     | $\sigma_{R1} = 3\text{N}/\text{mm}^2$  | $\sigma_{R1} = 3\text{N}/\text{mm}^2$  | 掘削時の支保効果發揮       |
| 設計標準強度   | $\sigma_{R1} = 18\text{N}/\text{mm}^2$ | $\sigma_{R1} = 18\text{N}/\text{mm}^2$ | 対応コンクリートと同様      |

ヶ谷8分)となったことが大きく影響していると考えられる。

掘削の進行はDⅢa-1 区間で約 60m/月、DⅢa-3(b)区間(鏡吹付け、鏡ボルト、仮インバート)で約 40m/月程度であった。

## (2) サイクルタイム

吉井トンネルにおけるNew PLS工のサイクルタイム実績を表-5、図-5に示す。

表-5 New PLS工サイクルタイム実績(平均)

(単位:分)

| 路盤整備・準備 | New PLS機セッ | 左脚部 | 横行  | 右脚部 | 片付け | 合計  |
|---------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| 64      | 82         | 158 | 279 | 118 | 45  | 746 |

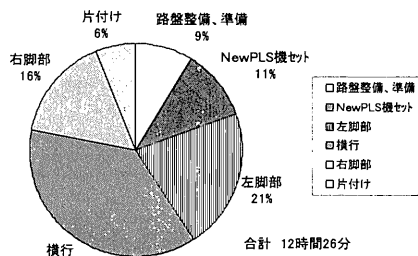


図-5 New PLS工サイクルタイム(平均)

## (3) 運転管理

運転管理は、基本としてスリットコンクリートの品質確保を目的とし、以下の管理を行った。

### ① スリットコンクリート充填率の確保 (100%以上)

カッタの横行速度とコンクリート圧送量のバランスを確認しながら、お互いの速度調整を行う。また、実際のコンクリートの充填を管理する目安として、充填したコンクリートと接するカッタフレームにある圧力計(以下跡圧)により、横行角度に対する跡圧を管理する。

### ② スリットコンクリートの連続性の確保

スリットコンクリートは無筋コンクリートであるため、連続施工を保たなければならない。したがって、カッタチェーン圧力(以下チェーン圧力)を管理することで、如何にカッタ横行を止めないで施工することが重要となる。チェーン圧力は同じ横行速度でも地山の状況・横行

の角度によって変化するため、その都度の状況により横行速度・コンクリート圧送量等を調整する。

表-6に運転管理基準を、図-6に横行角度と跡圧の関係を示す。

表-6 運転管理基準

| 項目        | 管理基準                        |
|-----------|-----------------------------|
| 横行速度      | チェーン圧の回転可能圧力以下で横行可能速度を判断する。 |
| チェーン圧     | 回転可能圧力以下で管理する。              |
| コンクリート圧送量 | 横行速度と跡圧のバランスで管理する。          |
| 跡圧        | 横行速度とコンクリート圧送量のバランスで管理する。   |

## (4) 維持管理

New PLS機による施工は、5日/週(20日/月)稼働、1日/週の機械整備とした。また、New PLS機の消耗部品実績は、カッタ用ピック、カッタライナ、カッタチェーンが主なものとなった。

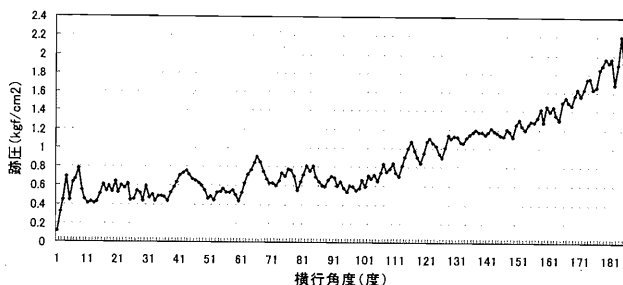


図-6 横行速度と跡圧の関係(施工例)

### (5) 計測結果

施工後の内空変位は3mm以下であり、微少な値であった。また、地表沈下量は最大で20mm程度以下であった。

特に盛土区間に位置する道路部の地表面沈下量は、許容沈下量20mmに対し15mmで収束した。

また、鉄塔基礎の相対沈下量は1.3mm程度であり、許容値内で収束した。

## 6. おわりに

New PLS 工法の施工を行い、以下の事項が確認出来た。

- ① New PLS 機のスリット長を3mとし、切削能力を向上させたが、施工については問題はない。
- ② 吉井トンネルにおいては湧水によるコンクリートの流出については施工上問題とならなかった。吹付けが施工可能な湧水程度であれば、施工可能と考えられる。
- ③ New PLS 工法は地表沈下抑制効果が高い。
- ④ 同規模の補助工法を用いたNATM(例えば AGF 等)に比べ、工期短縮・工費節減が可能であった。ただし、補助工法なしのNATMと比べると、工期・工費とも増えるため、トンネル全線を通して検討が必要である。
- ⑤ プレライニング工法の施工にあたり、トンネルの安定性確保及び地表などの周辺地山の挙動抑制には、トンネル脚部の安定確保が非常に重要であることを再確認した。
- ⑥ スリットコンクリートは無筋構造物であり、許容変位量はNATMに比べ小さい。このため、脚部地山の支持力の確認(設計時は原位置試験等、施工時は地山観察等)を充実させるとともに、支持力が不足する場合は脚部補強工(仮インバート、フットパイル、地山改良等)で対応する必要がある。
- ⑦ New PLS 工法施工時の発生粉じん量は非常に少なかった。

New PLS 工法は今後増加する都市部での山岳工法の施工において、非常に有効な工法であると考えられ、今後同種の工事をする際の参考となれば幸いである。