

# 切削即時充填式プレライニング工法 (New PLS工法) の実用的展開

Practical Development of New Pre-Lining Support Method

寺内 伸 Shin TERAUCHI\*

## 要 旨

現在、数々の都市再生事業に代表されるように、都市空間機能の再生・充実のための社会資本整備が重点的に進められており、トンネル分野においても、都市トンネルと呼ばれる未固結地山を対象としたトンネル建設が増えつつある。このようなトンネルには、従来シールド工法の採用が主流であったが、主に経済性の観点から先受け工法を併用した山岳トンネル工法が採用されるケースが増加してきている。

先受け工法のひとつにトンネル切羽前方地山にアーチシェル状の薄肉覆工を構築するプレライニング工法がある。トンネル縦断方向だけでなく横断方向にも連続していることから、一般のトンネル縦断方向の梁構造が卓越する先受け工法に対して、切羽の安定性確保や地表面沈下の抑止などの先受け効果面で有利であると考えられる。しかし、このようなトンネル建設技術は、実績も少なく、いわゆる発展途上にある技術であることから、信頼性や効果、適用範囲などが不明確であり、適用性の広い工法として確立されていない現状にある。

本研究では、プレライニング工法のひとつである切削即時充填式プレライニング工法（以下、New PLS 工法）について、3 度の現場適用を基に、成果整理～課題抽出～対策立案といった一連の施工技術開発のプロセスにおける様々な知見・考え方を示すことによって、今後の New PLS 工法の適用性拡大を図り、プレライニング工法の確立に向けて有用な資料を提供する。また、この開発プロセスを例に、土木分野における施工技術開発のひとつの考え方を示すものである。

以下に本論文を構成する各章の概要を示す。

「第1章 緒論」では、都市トンネルへの山岳トンネル工法の採用増加に伴い、New PLS 工法の適用性拡大の必要性を述べるとともに、本研究の目的・意義を明確にしている。

「第2章 プレライニング工法の現状・技術動向」では、New PLS 工法の基本的な機構、特徴などの工法概要を示すとともに、プレライニング工法の定義や考え方、国内外の類似工法の概要を示し、プレライニング工法および New PLS 工法の位置付けを明らかにしている。

「第3章 New PLS 工法の開発プロセス」では、土木分野の施工技術開発における現場適用の重要性を示すとともに、これまで実施した3つの現場適用を「基本的機構確認段階」「実用性確認段階」「適用性拡大段階」と位置付け、それぞれの段階において成果整理～課題抽出～対策立案といった一連の開発プロセスの構成を概説している。

「第4章 基本的機構確認段階」では、2車線道路トンネル（N トンネル）試験施工における知見や課題を示すものである。まず、試験施工区間のトンネル概要、プレライニング機の仕様、コンクリートの要求性能および配合などの試験施工概要を示し、カッタの切削状況やスリットコンクリートの充填状況、トンネルの内空変位、天端沈下などの計測結果などから、成果と課題を整理している。この試験施工により、カッタによる切削と即時充填は可能であり、十分な施工ができれば先受け・支保機構を保持していることを確認できた。しかし、カッタの横行停止やコンクリートの管内閉塞が多発したことから、同工法の大幅な見直しが必要とされるものであった。

「第5章 実用性確認段階」では、3車線道路（拡幅）トンネル（H トンネル）における実施工およびその直前に実施した0実験場での試験施工から得られた知見や課題を示すものである。まず、基本的機構確認段階での課題に対する方策について検討し、改良したプレライニング機の仕様、コンクリートの要求性能およびシステム・配合を示した。施工状況や計測結果から、今後の基本的なプレライニング機の仕様、コンクリートの配合・システムや要求性能の考え方、切削速度とコンクリート充填圧の管理方法などを確立した。しかし、同施工ではコンクリートの閉塞・流出、カッタ停止などのトラブルによる時間的損失や施工速度のばらつきなどの問題点がみられた。また、対象地山の拡大のためのカッタ切削能力の向上や地域や季節などの温度変化にも対応できる配合選定の必要性など、今後の適用性拡大のための課題も併せて示した。

「第6章 適用性拡大段階」では、2車線道路トンネル（Y トンネル）施工における知見を示すものである。まず、実施工確認段階での課題に対する方策の考え方を明らかにし、実施工のトンネル概要を示すとともに、改善されたプレライニング機の仕様、コンクリートの要求性能・配合を示した。また、New PLS 工法にて問題とされる脚部沈下に対して、仮インバート吹付けとの併用パターンおよびその採用判定基準を確立した。

「第7章 全体コスト最小化のためのコンクリート材料の最適化」では、New PLS 工法の適用性拡大の一要素であ

\* 技術第二部

「山口大学学位論文 2005.3」の要旨を掲載。

るコスト低減に着目し、全体コスト低減のためのコンクリート材料のコスト最適化の考え方や、それに基づく配合設計法を明らかにした。

「第8章 結論」では、本研究の総括として、各章の研究成果を要約するとともに、今後の New PLS 工法のさらなる適用拡大に向けた課題についても言及した。

**キーワード**：技術開発プロセス，コスト最適化，プレライニング，急硬性コンクリート，チェーンカッター

## Summary

The infrastructure development is being predominantly carried out due to improve the renewal of urban function typically, of some urban renewal projects. The tunneling project in soft ground tends to be increasing which called the “Urban Tunnel”, in the tunneling field. The mountain tunneling method is being increasingly adopted with various auxiliary methods like a pre-support method because of its low costs, although the shield tunneling method had been generally applied to such a soft ground condition before.

The pre-lining method that has been filled arch-shell shaped thin lining concrete ahead of excavation cutting face is one of the pre-support methods. However, the authenticity, effectiveness and applicable fields for pre-lining method as an actual construction method are being obscure because it is applied for a few examples and it is still under development. This method has not yet been established as a widely applicable method due to its definition, and the theory is different among employers and institutes.

According to the above situation, the New Pre-lining Support Method, to be called “*New PLS Method*” hereafter, that fill lining concrete immediately at perimeter location of cutting face before excavation face shall establish in this study. The expansion of this method’s application shall be attempted as well as the effective materials to establish this method are provided after various information and theories are present in the process for development of construction technology based on the actual applied examples of New PLS method for three tunnel construction projects. This development process has a cycle as follows:

(1) arrangement output, (2) extraction problems, (3) planning countermeasures

Finally, one of the theories to develop construction technology shall be given from the experience of above development process in civil engineering.

The summary for each chapter of this paper is described below.

### **Chapter 1: Introduction**

The necessity to expand this New PLS method application is described under the situation of increasing cases of mountain tunneling method applied to urban tunneling fields, and the purpose and significance of this study is made clear.

### **Chapter 2: Current situation and technical trend in regard to the pre-lining method**

Basic mechanisms and characteristics of New PLS method are shown together with outline of the definition and theory for the pre-lining method provided by each employer and institute, as well as the outline of similar examples not only in Japan, but also in other countries are collected.

### **Chapter 3: The development process of New PLS method**

The development process, analysis of the result, problem finding, establish countermeasures, are outlined as well as the importance to apply new construction technology to actual construction projects is emphasized in the civil engineering field. This study has three application tunnel projects, and each application shall be each step of development process by turns. The development process consists of the following three steps,

(1) The Basic Step, (2) The Practical Step, (3) The Expansion Step

### **Chapter 4: Step for basic mechanism cognition**

It is shown that the information and problem gotten from the application of the trial 2-lane road tunnel

---

construction project, (N-tunnel). Outcome and problem is arranged from the actual situation to cut and fill slit concrete and the output of surveying deformation inside tunnel after the summary of this trial is described i.e., the outline of trial tunnel construction project and the specification of pre-lining machine and required characteristic to concrete mixing design.

#### **Chapter 5: Step for practicality cognition**

It is shown that the information and problem gotten from the application to the actual expansion to 3-lane road tunnel construction project, (H-tunnel), as well as the trial test at laboratory preceding carry out at H-tunnel, is presented. The specifications of improved pre-lining machine, required characteristics and mixing design of pre-lining concrete is examined after the countermeasures for problems at previous step is investigated. The following points are established from the actual construction situation and the output data from surveying in this step,

- (1) Basic specification of pre-lining machine
- (2) Mixing design of pre-lining concrete
- (3) The theory of system and required characteristic for pre-lining concrete
- (4) Cutting speed and control system for concreting

In addition, the problems not only in this step but also for applicable expansion in the future are described.

#### **Chapter 6: Step for application expansion**

It is shown that the actual information gotten from the application to the 2-lane road tunnel construction project, (Y-Tunnel). The specifications of improved pre-lining machine and required characteristics, mixing design of pre-lining concrete is described at the practicality cognition stage as countermeasures for problems as well as outline of tunnel construction is presented. It is also established that the support pattern with shotcrete to the invert part and its adaptation guideline as a countermeasure to subside lower part that is a problem of New PLS method.

#### **Chapter 7: Optimization of concrete material to minimize total cost**

In regards to the total cost optimization, concrete materials optimum cost and its mixing design is made clear with attention on the reducing total cost that would be one of main factor to expand the application of New PLS method.

#### **Chapter 8: Conclusion**

In conclusions of this study, the problems to expand further application of New PLS method in the future is described as well as the study results of each chapter above mentioned are summarized.