

VI-133

パイプルーフトンネル掘削の合理的施工法の開発

鹿島建設 札幌支店 正会員 太田 一広
 鹿島建設 札幌支店 正会員 平野 秀昭

1. はじめに

パイプルーフトンネル工法は、比較的土被りが浅い土砂地盤で、しかも地上に様々な制約を受け、開削工法によるトンネル掘削が困難な場合に、鋼管パイプによるルーフ（屋根）を形成し、掘削に合わせてこれらを支保工で直接支承し、地山の緩みを抑制しながらトンネルを掘削する工法である。今回、札幌市の地下鉄工事に於いて、河川横断部に、掘削断面 130 m^2 （幅 $13.6 \text{ m} \times$ 高さ $9.6 \text{ m} \sim 9.8 \text{ m}$ ）に、同工法によるトンネル掘削が計画された。しかし、本工事は種々の理由から、工程の短縮が重要な課題であったことから、これを満足させるための工法として、全断面一括掘削の可能性についての検討を行った。この結果、施工手順を合理化、単純化することで十分施工可能との結論に至り、この度、工程面は勿論、安全面、そして特にコスト面で大きな成果をもたらす新たな施工法を開発した。本稿ではこの工法を採用するに至った経緯及びその主たる施工内容のいくつかについて紹介するとともに、今回実施された全体施工法の概要について述べる。

2. 従来のパイプルーフトンネル掘削工法

本工事のパイプルーフトンネル掘削は、当初、今迄に実績のある施工法の中から、上下半分掘削方式が計画されていた。この施工法は、切羽面を分割掘削する為、パイプルーフ及び支保工の応力が小さく、比較的安全性が高いが、反面、その施工の複雑さから以下の様な課題を有していた。

- ① 狭隘な場所での錯綜作業となり、作業効率が悪く工期が長期化する
- ② 支保工盛替等の施工に伴いパイプルーフ変位が累積する
- ③ 上半掘削時の支保工脚部の構造が仮設的なものとなり支持力の確保に不安がある

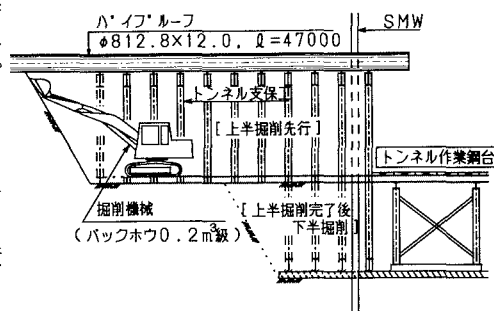


図-1 上下半分掘削方式施工概要図

3. 全断面一括掘削方式への着目とその問題点

前項の課題は、全断面を一括掘削することで施工を単純化し、支保工の盛替作業を省くことで解決できる為、この方式に着目することとした。しかし、全断面一括掘削方式は切羽の高さが高く、その分、長いスパンの荷重をパイプルーフで負担せざるを得ないが、パイプルーフ工法は鋼管パイプ自体の強度とそれを支持する地盤の強度を最大限に利用する構造であることから以下の問題点が抽出された。

- ① 切羽地山の崩壊防止対策
- ② 全断面での掘削・支保工の作業方法
- ③ 支保工・パイプルーフの異常応力発生時のフェールセーフ
- ④ 支保工脚部の支持力

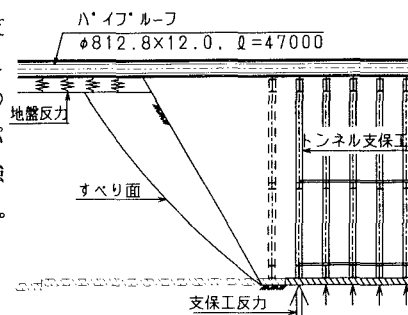


図-2 全断面一括掘削方式概念図

4. 対応策としての合理的施工法

全断面一括掘削方式を可能とするため、前項の問題点に対する対応策として、施工効率に主眼をおいて検討を進め、採用した工法について以下に述べる。

キーワード；パイプルーフトンネル，全断面掘削，長尺フェースボルト

連絡先（札幌市白石区菊水8条3丁目1-5 〒003-0808・TEL 011-824-1181・FAX 011-811-8230）

（1）切羽地山の崩壊防止対策

切羽の安定を図る為の工法として、従来採用されていた薬液注入工法、部分フェースボルト工法等に換えて、長尺フェースボルト工法を採用した。この工法の特長は以下のとおりである。

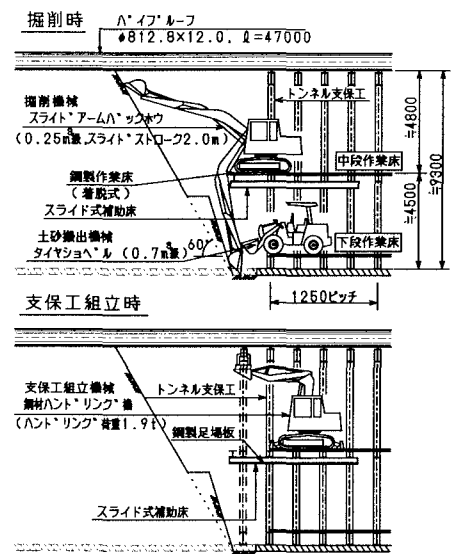
- ① トンネル掘削に先駆けトンネル全長に亘り長尺フェースボルトを施工することにより、常に切羽に有効に働く機能を保持するとともに、掘削工程途上におけるフェースボルト工程を省き、施工サイクルの短縮を図った。
- ② 汎用性のあるロータリーパーカッションドリルを使用し削孔することにより、削孔速度の向上を図るとともに、削孔機械の手配を容易なものとした。
- ③ 切削性のある引張材を使用することにより、トンネル掘削時のフェースボルトの撤去作業を、バックホウのみで容易に行えるものとし、施工サイクルの短縮を図った。

（2）全断面での掘削・支保工の作業方法

掘削及び支保工建込みの作業に関する問題点は、支保工の中段に作業床を設置し、実質的な施工高さを半分にすることにより安全性を確保するとともに、作業スペースを上下半に分割することで上下同時作業を可能とし作業効率を向上させ施工サイクルの短縮を図った。

（3）支保工・パイプルーフの異常応力発生時のフェース

事前解析の結果、切羽地盤の状態、上載荷重としての地山の緩みの状態により支保工・パイプルーフの応力が大きく変わることが判明した。この問題を解決する手法として情報化施工の採用を図った。すなわち、計測で得られたデータから地盤反力係数、上載荷重を再度評価し直すことにより、将来の掘削段階のパイプルーフ及び支保工の挙動を定量的に予測し、施工ヘフィードバックさせる事前予測システムを採用し、施工途上における安全性を確保するとともにトラブル発生による工程遅延を回避させることとした。

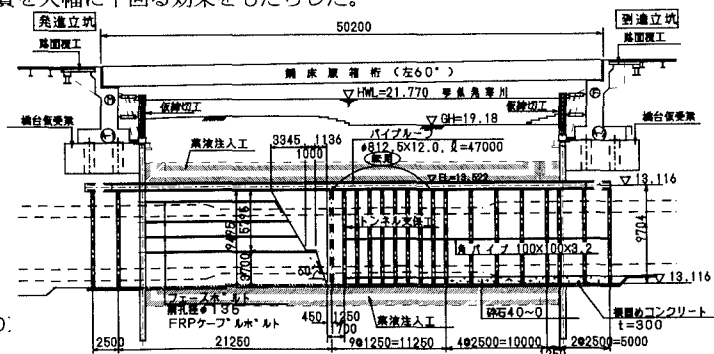


図－3 全断面一括掘削方式施工概要図

5. 全断面一括掘削方式の概要

以上の対応策を盛り込み、最終決定された全断面一括掘削方式を図－4に示す。本工事の様な、大幅な工程短縮を図る場合、従来であれば、地山の安定を保つ為の全断面薬液注入等、補助工法に相当な工事費増を要するのが一般的である。しかし、今回開発された施工法は、補助工法を含め、全ての工種に合理性を求め、安全を確保した上で、支保工建込み1基当たり(1サイクル)昼夜施工で1.5日(3方)という極めて短期間での施工を実現し、当初予想された工事費を大幅に下回る効果をもたらした。

- 工法概要**
- ・切羽の勾配
平均勾配 60°
(1.0mのミニベンチ設置)
 - ・切羽の補強
長尺フェースボルト工
 - ・支保工ピッチ
切羽 1.25m, 後方 2.50m
 - ・支保工部材
H-300×300×10×15
H-588×300×12×20
 - ・根固めコンクリート
超早強セメントミルク（鉄筋入り）



図－4 パイプルーフトンネル掘削工縦断