

# 29. トンネル活線拡幅工事の移動架台 (プロテクタ) の開発

佐藤工業㈱：\*小林 裕二、山本 徹、  
北野 都教

## 1. はじめに

近年、道路構造令が一部改正され、歩行者の安全かつ円滑な通行確保に関する規定や車両の大型化への対応といったことから、トンネル部分に関しても最小幅員の縮小規定が廃止され、断面を拡大する必要がでてきている。さらに、交通量の急激な増加による交通渋滞解消や老朽化したトンネルの改良・安全性の向上といった観点からも、既設トンネルの拡大・拡幅を効率的に行える施工技術が求められている。

トンネルの拡幅工事は、新設トンネルを施工するよりも、自然環境への影響や新たな用地買収が最小限ですみ、環境にやさしい工法として注目されている。

今までのトンネル拡幅工事は、ほとんどが、交通止めをしておこなっていたが、近くに迂回路が無かったり、交通止めが社会に及ぼす影響が多くなるような場合には、車両の通行を確保しながらのトンネル拡幅工事つまり「トンネル活線拡幅工事」が必要となる。これまでの一般的なトンネル活線拡幅工事では、一般交通用の空間を確保するための門型プロテクタをトンネル全線にわたって設置したり、既設のトンネルをロックボルトや支保工を用いて補強して施工する工法が採用されてきた。しかし、これらの工法は、効率性や経済性の面から問題点が多く、今後、ますますリニューアルに対するニーズが増大するなかで、早急な対応が求められている。

このような現状をふまえて、既設トンネルの拡大・拡幅工法の開発課題として、①活線拡幅工法（1車線確保）であること、②発破工法の採用が可能であること、③機械掘削にも対応可能であること、④中長大トンネルに対応できること、⑤休工時に2車線（片側1車線）の開放が可能であること、⑥効率的でかつ経済的な工法であること、という条件のもとに開発を目指した。

本報は、新たに開発した移動架台（プロテクタ）を採用したトンネル活線拡幅工事について、その概要と有効性について紹介するものである。

## 2. 従来の施工方法とその問題点

これまでのトンネル活線拡幅工事としては、図-1に示すように、既設トンネルを拡幅掘削に先だってあらかじめロックボルトや支保工によって補強し交通の切り替えを行いながら施工する方法もおこなわれているが、一般的には、図-2に示すように、トンネル全線に一般交通の安全を確保するための門型固定式の防護プロテクタをあらかじめ設置する方法により行なわれてきた。

トンネル全長にわたってプロテクタを設置する方法では、必要となるプロテクタが多くなるために、それらの製作や設置に多大な工費や工期が費やされていた。

さらに、比較的硬岩の地山においては掘削効率の高い発破工法の採用が望まれる。しかし、発破工法を用いる場合は、発破による飛散ずりの衝撃力等をも考慮してプロテクタを設計する必要がある、全線

にわたって強固なプロテクタの製作が必要となる。このため、これまで国内においては、発破工法を用いた活線拡幅工事はほとんど行われておらず、比較的短いトンネルを機械工法により拡幅した事例が多いのが現状であった。

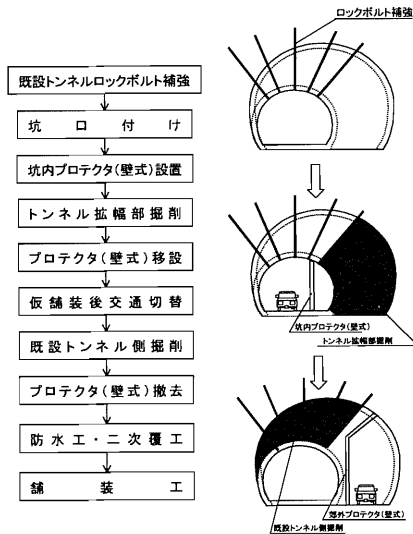


図-1 従来拡幅工事例

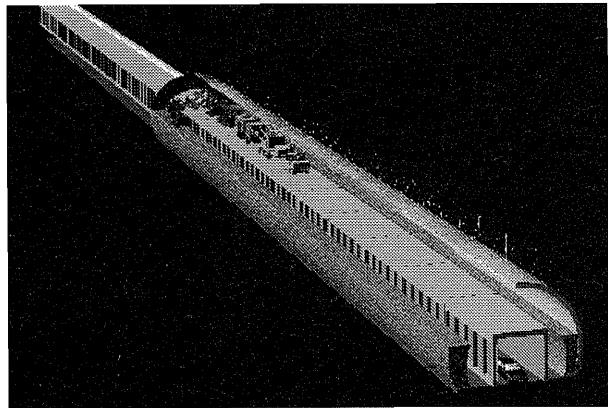


図-2 従来の一般的な活線拡幅工事の概要

### 3. 移動式架台（プロテクタ）の概要

#### 3.1 構造機構とその特徴

開発した移動式架台（プロテクタ）を用いた施工状況の概要図を図-3に示す。

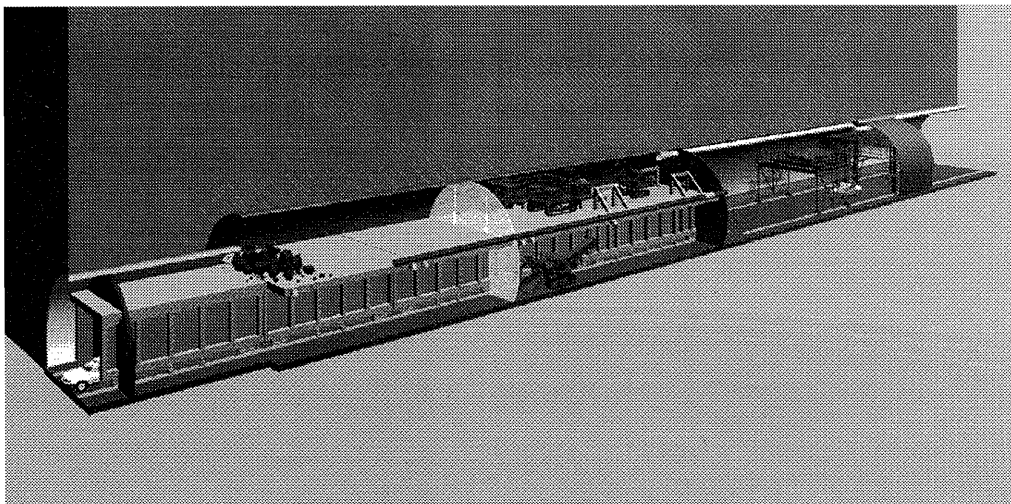


図-3 移動式架台（プロテクタ）を用いた施工概要図

移動式架台(プロテクタ)は、作業床と、この作業床の下側に設けられた脚壁とからなる。脚壁には走行装置が設けられており、レールを定置することで、トンネル縦断方向に沿って架台(プロテクタ)全体が自由に移動可能な構造となっている。これにより、架台(プロテクタ)の長さが必要最小限ですみ、従来工法のように、トンネルの全線にわたって設置する必要がなくなった。さらに、移動式としたことで、発破をかける箇所が特定できるために、発破が影響する箇所(先端架台)のみを部分的に強化するだけで発破工法の採用が可能となった。移動式架台(プロテクタ)は、図-4に示すように、大きく分けて先端架台・中間架台・後方架台の3つの部分より構成されている。各部位の構造機構を図-5に示す。

先端架台は、全長10m程度であり、門型構造となっている。この部分を既設トンネル内に挿入した状態で掘削を行うため、切羽は常に先端架台直上に位置することとなる。よって、発破工法を採用した場合にも、発破による影響範囲は、常に先端架台部分に特定できるために、この先端架台のみは発破による衝撃荷重にも耐え得るように強固に設計がされている。また、後述するが、架台の左右の脚壁は、休工事に2車線の解放が可能なように、左右に開く構造となっている。

中間架台は、1基当りの長さは、先端架台と同様に10m程度である。π型構造となっており、この部分が汎用の施工機械による作業床となる。中間架台の数は、施工機械の規模や台数によっても異なるが、図-4の標準タイプにおいては3基となっている。中間架台の脚壁も左右に開く構造となっている。

後方架台は、基本的な構造形式は中間架台と同じであるが、施工機械や資機材の搬出入をおこなうリフトを装備している。全長は15m程度であり、後方架台の脚壁も左右に開く構造となっている。

これらの架台は互いに連結されており、標準仕様の図に示した架台数で全長で55m程度、総重量が420t程度となる。

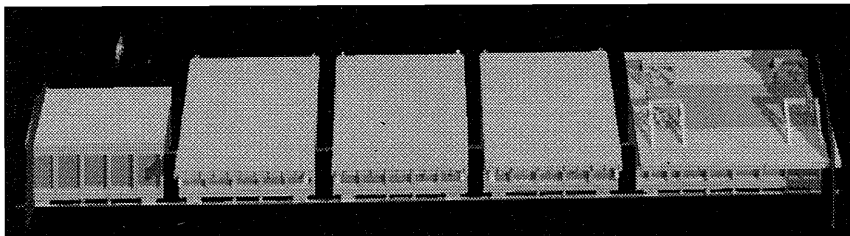
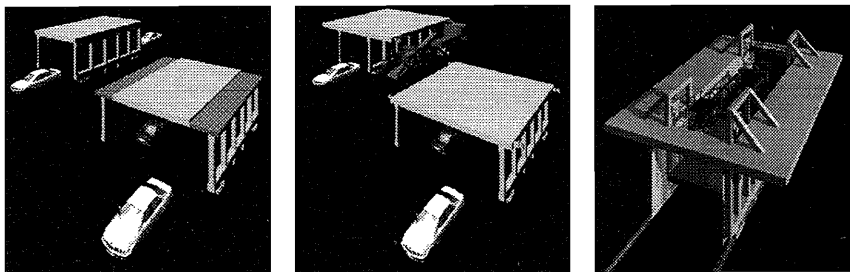


図-4 移動式架台(プロテクタ)の構造機構



(前方架台)

(中間架台)

(後方架台)

図-5 各部位の構造機構

### 3.2 安全および環境に対する対応

開発した移動式架台（プロテクタ）には、最先端部と最後方に図-6に示すような防護隔壁を設けることによって、拡幅施工を行作業エリアと一般車両が通行するエリアとを完全に分離し、工事が一般交通へ影響を及ぼさないようにしている。また、発破や吹付け作業によって発生した後ガスや粉塵等は、集塵機や風管等の換気設備を完全に隔離した作業エリアに効果的に配置することによって、作業エリア内において完全に除去し、周辺環境に影響を及ぼさないようにしている。

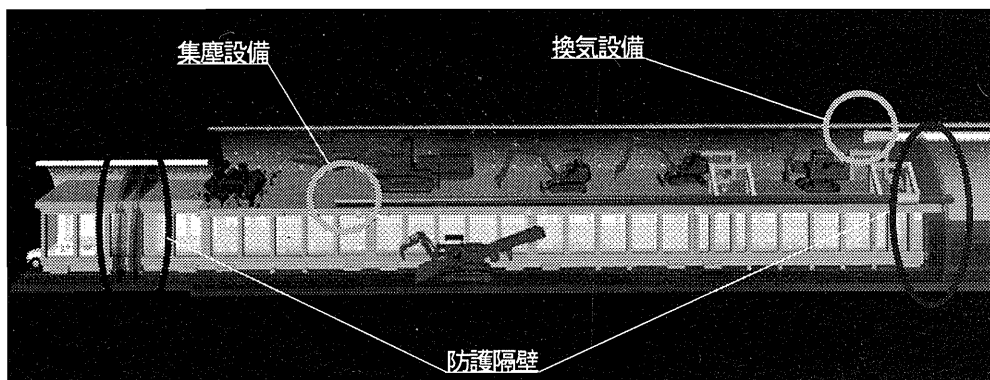


図-6 防護隔壁と効果的な換気設備

### 3.3 休止時に2車線の確保が可能

従来のプロテクタを全線に設置しておこなう拡幅工事では、プロテクタをすべて撤去しない限り、トンネル内の車線数が規制され、施工期間中に車線の数を増やすことは実際上不可能であった。

開発した移動式架台（プロテクタ）では、図-7に示すように、脚壁がそれぞれトンネル幅方向に開くことができるため、施工時には1車線の交互通行であっても、作業の休止時には、改築完了区間にトンネル改築用移動ステージを後退移動し、両側の脚柱をトンネル幅方向の外側位置に移動して車線の開放を行うことで、2車線の車両通行を確保できるようにした。

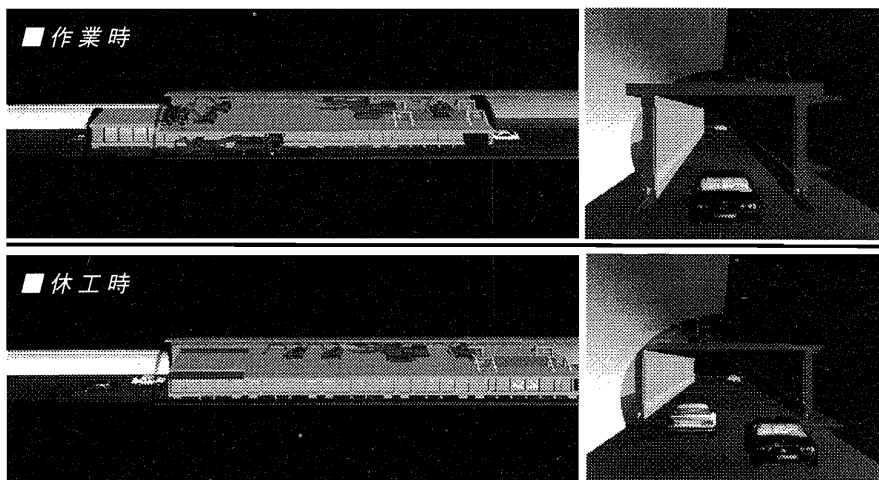


図-7 休止時2車線確保

#### 4. 施工手順

開発した移動式架台（プロテクタ）を用いた拡幅工事の主要作業の概要を図-8に示す。作業手順としては基本的には NATM 工法によるトンネル掘削と同様である。

##### ①穿孔・装薬

穿孔・装薬は、上半部・下半部に、ブーム式ドリルジャンボを配置して施工する。

##### ②発破

発破は、地山への損傷防止、振動・騒音の制御、架台（プロテクタ）への損傷を考慮して、制御発破を行う。発破作業時は、発破防護壁・発破防護シートの設置を行い、待機させた施工機械の防護や、道路に掘削ずりなどが飛散するのを防止する。さらに、爆破時は、一般交通への安全第一に考えてトンネルの坑外において通行止めを行う。爆破を行ったのち、換気および安全の確認をおこない、再び一般交通の解放を行うまで約 20 分程度の通行止めが必要となる。

##### ③ずり出し

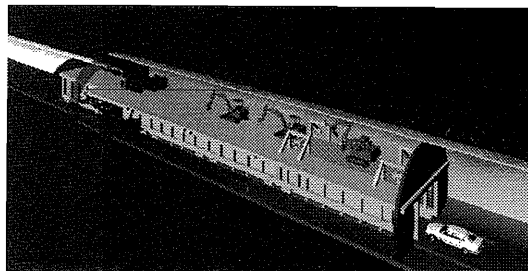
プロテクタ上の掘削ずりは、バックホウまたはブレイカ等で下に落としシャフローダ等の積込機械とダンプトラック等により搬出する。ずり出しと同時に、コソクおよび既設トンネルの支保工やロックボルトの解体・切断・撤去を行う。

##### ④支保工

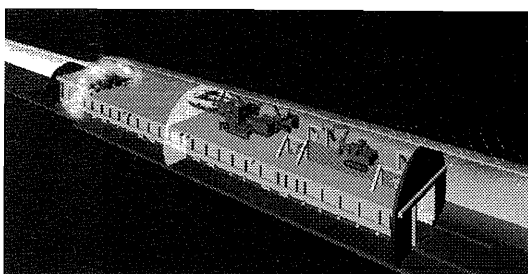
鋼製支保工などの建込みは、ブーム式ドリルジャンボのブームを利用し、吹付けコンクリートは、プロテクタ上に配置した吹付けロボットにより、上半・下半部分の全周を同時に施工する。ロックボルトの施工は、3~4m程度の長さを標準として、掘削面に対して直角に打設する場合には、既設トンネルより先行打設する。また、プロテクタ上から打設する場合で、必要なスペースが確保できない場合においては、継ボルトや斜め打ちボルトの採用も検討する。

##### ⑤移動式架台（プロテクタ）の移動

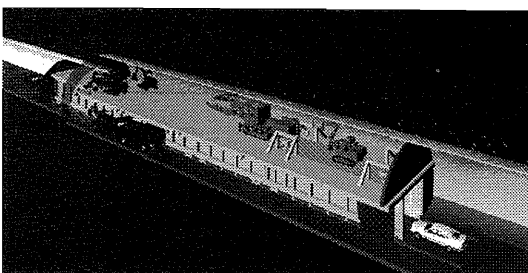
これら一連の作業が終了したのち、移動式架台（プロテクタ）を移動して、次の掘削サイクルを行う。



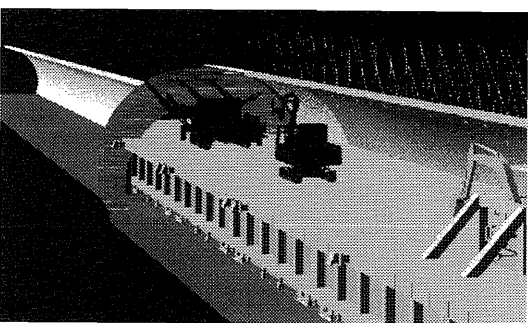
(穿孔・装薬)



(発破)



(ずり出し)



(支保工)

図-8 主要作業の概要

また、拡幅が終了した区間では、従来工法ではプロテクタを撤去しない限り取り掛かれなかった、後続作業としてのインバートおよび覆工が、図-9に示すように、架台（プロテクタ）が移動式としたことから、掘削と併行して行えるようになった。

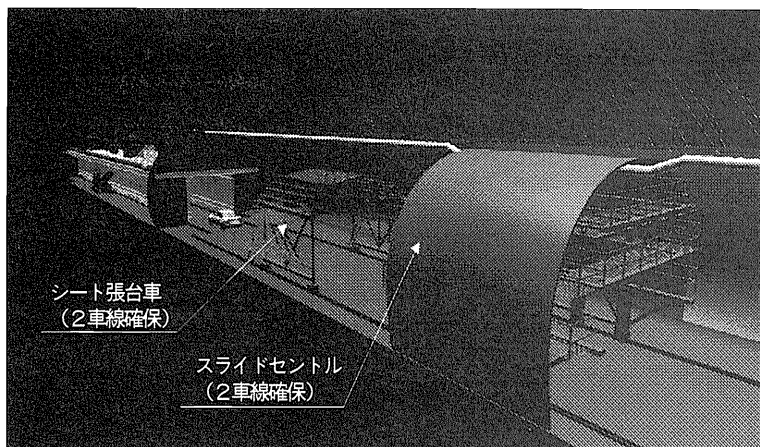


図-9 同時併進が可能な後続作業

## 5. 本工法の効果

本工法の効果を、従来工法の比較において以下に列挙する。

**施工延長：**従来工法での実績では、効率性や経済性などから 100m 程度の短いトンネルの拡幅事例がほとんどであったが、本工法では発破工法が採用できるため効率性がよく中長大トンネルにも対応できる。

**工期：**従来工法では硬岩地山においては苦渋の策として掘削効率の悪い割岩工法が採用されることとなり工期が多であったが、発破工法の採用により効率性が向上し工期短縮が図られる。また、プロテクタを撤去しない限り取り掛かれなかった後続作業が同時併行して行えるようになった。

**プロテクタ：**固定式のため全線も設置が必要であり発破工法を採用する場合には全長にわたる強化が必要であったが、移動式であるために全長も 55m 程度と短くてすみ、さらに発破影響箇所が特定できるため部分的に強化すればよくなった。

**交通規制：**架台（プロテクタ）の全長が短いため、従来工法に比較して設置・撤去にかかる時間が短縮できる。また、従来工法では工事期間中は撤去するまで車線が規制（1 車線）されたままであるが、脚壁が払げられるため、休工時に車線を増やす（2 車線）ことが可能となった。

## 6. おわりに

交通を確保しながらトンネル拡幅工事を行うことのできるこの拡幅工法は、安全でかつ経済的な工法であり、今後も数多くのトンネルで広く採用されることを期待している。

また、最近、古いトンネルの覆工の一部が剥落する事故が続発しているが、その対応策の1つとしての部分的な縫い返し工事にも適用できると考えている。